

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

24.06.03

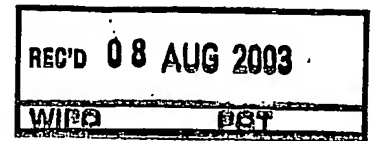
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年 6月28日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-191191
[ST. 10/C]: [JP2002-191191]

出 願 人
Applicant(s): シャープ株式会社

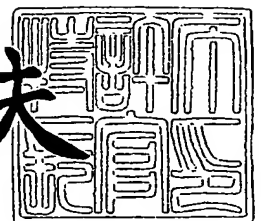


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 7月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 1020758
【提出日】 平成14年 6月28日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C30B 28/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 胡間 修二

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 五角 博純

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 永井 俊昭

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 矢野 光三郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064746

【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

【手数料の表示】**【予納台帳番号】** 008693**【納付金額】** 21,000円

【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽光発電システム普及促進型技術開発 低コスト太陽電池用多結晶シリコン基板の量産化技術開発」の委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）

【提出物件の目録】**【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0115795**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄板製造方法および薄板製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主室に配置されたるつぼ内の、金属材料および半導体材料のうち少なくとも一方を含む物質の融液に、下地板の表層部を浸し、その下地板の表面に前記融液を凝固させて薄板を製造する方法であって、

前記下地板の前記主室への装入および前記主室からの取出しを、前記主室と隣接する少なくとも 1 つの副室を通して行なう、薄板製造方法。

【請求項 2】 前記主室と副室との間には開閉手段が配置され、前記下地板の前記主室への装入および前記主室からの取出しを、前記開閉手段の開閉を伴いながら行なう、請求項 1 に記載の薄板製造方法。

【請求項 3】 前記主室には不活性ガスを導入し、かつ主室の雰囲気圧力を大気圧以下とする、請求項 1 または 2 に記載の薄板製造方法。

【請求項 4】 前記副室が装入用副室と取出用副室とから構成され、その装入用副室を通して前記下地板を主室に装入し、前記取出用副室を通して前記薄板を付着させた下地板を主室から取り出す、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 5】 前記開閉手段の開閉によって、前記装入用副室および取出用副室と、前記主室との開放および閉鎖を行なうとき、前記装入用副室側の開閉手段および取出用副室側の開閉手段の開閉のタイミングを同期させる、請求項 2 ～ 4 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 6】 前記主室において、浸漬機構に前記下地板を装着し、その下地板の薄板成長面を融液に対して対面させて薄板を付着し、その後、前記るつぼ直上以外の場所にて前記薄板が付着した薄板成長面を上向きにして、その薄板ごと下地板を前記浸漬機構から取り外す、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 7】 前記薄板を下地板から分離する前に、前記主室内、前記副室内および室外の少なくとも 1 箇所で、前記薄板を付着した下地板を冷却する、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 8】 前記るつば内の融液が所定レベルまで減少したとき、前記浸漬機構の操業を停止して、前記るつば内に原料を追装し、その後、るつば内の融液の温度および融液面の波立ちが安定するまで前記浸漬機構の操業を再開しない、請求項 1～7 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 9】 前記るつば内に原料を追装するとき、前記主室と隣接する追装用副室を通して、前記原料を主室内に装入する、請求項 8 に記載の薄板製造方法。

【請求項 10】 前記副室に前記下地板をまとめて外から複数枚搬入し、その副室から 1 枚ずつ下地板を前記主室に装入する、請求項 1～9 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 11】 前記薄板が付着された下地板を、前記主室から 1 枚ずつ前記副室に取り出し、その副室から複数枚まとめて外に搬出する、請求項 1～10 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 12】 前記下地板を複数枚まとめて外から前記副室に搬入し、その副室から複数枚まとめて前記主室に装入し、さらにその主室内の装着待機位置に移送し、その装着待機位置から 1 枚ずつ、前記浸漬機構への装着位置に移す、請求項 5～9、11 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 13】 前記浸漬機構から前記薄板が付着された下地板を取り外す取外し位置から、その下地板を 1 枚ずつ前記主室内の取出待機位置に移送し、その取出待機位置において前記下地板が所定の枚数たまったときに、複数枚まとめてその取出待機位置から前記副室に下地板を取り出す、請求項 5～10、12 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 14】 前記浸漬機構は、薄板が付着した下地板の取外しと、新たに薄板を付着させる下地板の装着とを同じ動作で行なう、請求項 5～13 のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項 15】 主室に配置されたるるつば内の、金属材料および半導体材料のうち少なくとも一方を含む物質の融液に、浸漬機構に保持された下地板の表層部を浸し、その下地板の表面に前記融液を凝固させて薄板を製造する方法であって、

前記浸漬機構は、前記融液に浸漬して取出す方向に、前記下地板を搬送するための第1下地板搬送手段と、前記第1の方向と異なる第2の方向に前記下地板の搬送を可能とする第2下地板搬送手段と、前記下地板を360°回転可能な下地板回転手段とを備え、前記第1および第2の下地板搬送手段と、前記下地板回転手段との動作を制御することにより前記下地板の表層部を前記るつば内の融液に浸す、薄板製造方法。

【請求項16】 前記下地板回転手段は、その回転中心を支点として、前記支点と異なる力点に作動力を付加してその力点を前記支点周りに回転させることにより前記下地板を回転させる、請求項15に記載の薄板製造方法。

【請求項17】 前記下地板を、前記支点の周りに回動自由にかつ前記力点の周りに回動自由に取り付けた下地板装着部材に装着する、請求項15または16に記載の薄板製造方法。

【請求項18】 前記支点1つに対して、前記力点を複数配置する、請求項15～17のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項19】 前記浸漬機構が、下地板を装着し取外しする位置である装着／取外し位置から前記融液に浸漬する位置まで移動し、前記下地板に浸漬動作を行なわせて浸漬した後、前記下地板を取外しする装着／取外し位置に移動する一連の動作において、前記浸漬動作を行なわせる際の前記下地板の水平動作の方向を、前記装着／取外し位置に移動する動作方向と同じにする、請求項6～18のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項20】 前記浸漬機構は、前記主室内の第1の位置において第1の下地板を装着し、前記るつば上に移動して前記るつばにその下地板を浸漬した後、移動し、前記第1の位置と異なる第2の位置において、その薄板を付着した第1の下地板を取り外し、その位置で新たに薄板を付着する第2の下地板を装着し、前記るつば上に移動してそのるつばにその下地板を浸した後、前記第1の位置に移動し、そこで薄板を付着した前記第2の下地板を取り外す、請求項6～18のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項21】 前記るつば内の融液面の位置を検知し、その融液面の位置に応じて、前記浸漬機構の前記下地板のるつばへの浸漬動作を制御する、請求項

6～20のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項22】 前記るつば1つに対して複数機の浸漬機構を用いて、前記下地板に薄板を付着させる、請求項6～21のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項23】 主室に設けられた浸漬機構に下地板を装着し、その下地板の表層部を主室に配置されたるつば内の融液に浸し、その下地板の表面に薄板を付着させて薄板を製造する方法であって、

前記るつばに対して、複数の浸漬機構を配置して前記薄板を製造する、薄板製造方法。

【請求項24】 前記複数の浸漬機構のうち、第1の浸漬機構が浸漬動作を行なっているとき、第1の浸漬機構とは別の第2の浸漬機構では、前記下地板の装着、前記薄板が付着された下地板の取外し、前記下地板の温度調整、および前記下地板の移動、の少なくとも1つを行なう、請求項23に記載の薄板製造方法。

【請求項25】 前記下地板を前記浸漬機構に装着する前に、前記下地板の温度調整を行なう、請求項1～24のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項26】 主室に設けられた浸漬機構に下地板を装着し、その下地板の表層部を主室に配置されたるつば内の融液に浸し、その下地板の表面に薄板を付着させて薄板を製造する薄板製造装置であって、

前記主室と開閉手段を隔てて隣接する、少なくとも1つの副室を備える、薄板製造装置。

【請求項27】 第1の副室と第2の副室とを有し、前記第1の副室は、外から下地板を搬入し、前記主室に装入するための装入用副室であり、前記第2の副室は、前記薄板が付着された下地板を前記主室から取り出し、外に搬出する取出用副室である、請求項26に記載の薄板製造装置。

【請求項28】 前記第1および第2の副室は、前記主室を挟んで、対向する位置に設けられる、請求項26または27に記載の薄板製造装置。

【請求項29】 さらに開閉手段を介在させて主室と隣接する追装用副室を有し、その追装用副室を通して主室に追装用原料を供給する、請求項26～28のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項 30】 主室に配置されたるつば内の、金属材料および半導体材料のうち少なくとも一方を含む物質の融液に、浸漬機構に保持された下地板の表層部を浸し、その下地板の表面に前記融液を凝固させて薄板を製造する製造装置であって、

前記浸漬機構は、前記融液に浸漬して取出す方向に、前記下地板を搬送するための第 1 下地板搬送手段と、

前記第 1 の方向と異なる第 2 の方向に前記下地板の搬送を可能とする第 2 下地板搬送手段と、

前記下地板を 360° 回転可能な下地板回転手段とを備える、薄板製造装置。

【請求項 31】 前記下地板回転手段は、その回転中心を支点として、前記支点と異なる力点に作動力を付加してその力点を前記支点周りに回転させることにより前記下地板を回転させる機構を有する、請求項 30 に記載の薄板製造装置。

【請求項 32】 前記支点の周りに回動自由に、かつ前記力点の周りに回動自由に取り付けられ、前記下地板を装着する下地板装着部材を備える、請求項 30 または 31 に記載の薄板製造装置。

【請求項 33】 前記支点 1 つに対して、前記力点が複数配置された、請求項 30～32 のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項 34】 主室に設けられた浸漬機構に下地板を装着し、その下地板の表層部を融液に浸し、その下地板の表面に薄板を付着させて薄板を製造する薄板製造装置であって、

前記浸漬機構が前記つばに対して複数機設けられている、薄板製造装置。

【請求項 35】 前記下地板装着位置の前段位置に下地板温度調整手段を備える、請求項 26～34 のいずれかに記載の薄板製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、薄板製造方法および薄板製造装置に関し、より具体的にはシリコン薄板製造方法およびシリコン薄板製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

民生用の太陽電池には、シリコンが用いられる。シリコンは、単結晶、多結晶、非晶質の順に変換効率が低下するが、他方、上記の順にコストが安く大面積化しやすくなる。このうち、非晶質シリコンは、 SiH_4 を原料としてCVD (Chemical Vapor Deposition)法により、ガラス、プラスチック、金属基板などの上に堆積できるので安価であり、かつ大面積化しやすい。変換効率は最高約12%程度である。

【0003】

また、単結晶シリコンはCZ (Czochralski)法により直径150mm (6インチ) や200mm (8インチ) のインゴットが製造され、大型化も可能であり、変換効率は15%を超えることができる。

【0004】

さらに、多結晶シリコンは、液相から凝固成長させる方法や気相から堆積する方法の検討がなされている。多結晶シリコンは非晶質シリコンと同様に大面積化しやすいが、変換効率は、単結晶シリコンと非晶質シリコンとの中間に位置する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記の各種のシリコンの製造方法は、大面積化、変換効率の向上および製造コストの低減を実施している。しかし、現状の原子力発電や火力発電などの大規模な発電方式に比べてその発電単価は割高であり、製造コストを低減する必要がある。

【0006】

本発明は、高品質を確保しながら、生産規模の拡大により製造効率を大きく高めることができ、単位面積当りの製造コストを画期的に低下させることができる、シリコンの薄板製造方法およびその薄板製造装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の薄板製造方法は、主室に配置されたるつぼ内の、金属材料および半導体材料のうち少なくとも一方を含む物質の融液に、下地板の表層部を浸し、その下地板の表面に融液を凝固させて薄板を製造する方法である。そして、下地板の主室への装入および主室からの取出しを、主室と隣接する少なくとも1つの副室を通して行なう。

【0008】

不活性ガス雰囲気である主室に、大気が混入すると、たとえば融液がシリコン融液の場合、シリコンと酸素とが反応し、 SiO_x の発生によりSi損失および主室内壁への粉体付着の原因となる。上記のように副室を用い、副室を経由させて下地板の出入をさせることにより、主室への大気の混入などを確実に防止し、高品質を確保した上で、操業能率を大きく向上させることができる。すなわち、高能率で大量の下地板を主室に出入させる場合、副室を経由させることにより、直接、大気を主室に混入させることを防止できる。

【0009】

また、予想外の事態が発生した場合などに備えて、主室と副室との間には開閉手段を配置しておくのがよい。開閉手段を非常時に閉じるように設定しておけば、トラブルの程度を軽微なものとすることができる。このため、製造歩留りを向上させ、かつ高品質の薄板を確保することができる。

【0010】

開閉手段は、たとえば各種の気密性扉を用いることができる。ゲートバルブが気密性扉の代表的なものである。また、下地板に付着する薄板は、たとえば、下地板の成長面に凝固成長した多結晶シリコンの薄板である。

【0011】

なお、上記副室と主室とを組み合わせた装置の操作方法を以下に説明する。下地板を主室に装入するとき、開閉手段を閉じた状態で前記副室に下地板を搬入し、次いでその副室の雰囲気を主室の雰囲気と同じにし、その後、開閉手段を開けて下地板を主室に装入する。また、たとえばシリコン薄板を付着した下地板を主室から外に取り出すとき、副室の雰囲気を主室の雰囲気と同じにしてから開閉手

段を開け、下地板を主室から副室に取り出し、開閉手段を閉じた後、その下地板を外に搬出する。

【0012】

上記の主室には不活性ガスを導入し、かつ主室の雰囲気圧を大気圧以下とするのがよい。

【0013】

上記のように主室の圧力を負圧とすることにより、主室の気密性を保ちやすくなり、また不活性ガスの使用量を減らすことができ、製造コストを低減することができる。

【0014】

上記の副室が装入用副室と取出用副室とから構成され、その装入用副室を通して下地板を主室に装入し、取出用副室を通して薄板を付着させた下地板を主室から取り出すことができる。

【0015】

上記の方法により、下地板の装入の流れと、たとえばシリコン薄板を付着した下地板の流れとが干渉しないように、配置することができる。なお、薄板を付着させた下地板とは、下地板が所定時間、上記の融液中に浸漬され、その融液が下地板の成長面で凝固して薄板となり下地板上にある状態をさす。凝固した薄板が、衝撃などによりずれて、下地板上に薄板が単に載置されているだけでもよい。また、上記凝固の後、そのまま密着した状態にあってもよい。また、さらに広く、下地板の成長面が融液中にあるとき、固相が成長して薄板が形成されている状態であってもよい。

【0016】

また、上記の開閉手段の開閉によって、装入用副室および取出用副室と、主室との開放および閉鎖を行なうとき、装入用副室側の開閉手段および取出用副室側の開閉手段の開閉のタイミングを同期させることができる。

【0017】

副室の真空引き、不活性ガスパージは所要時間が長く、タクト（薄板製造のサイクルタイム）が長くなる大きな要因である。上記のように、2つの副室の動作

を合わせることにより、1つの副室の操業に要する時間で2つの副室を操業することが可能となる。

【0018】

上記の主室において、浸漬機構に下地板を装着し、その下地板の結晶成長面を、たとえばシリコン融液に対して対面させてシリコン薄板を付着し、その後、るつば直上以外の場所にてシリコン薄板が付着した薄板成長面を上向きにして、薄板ごと下地板を浸漬機構から取り外すのがよい。成長面を融液に対面させることにより、薄板を成長させたい表面以外の側面が融液に浸漬することを極力抑え、その部位に凝固する融液量を抑制することで材料利用効率を向上させるとともに、融液汚染を低減することが可能となる。また、成長面を上向きにすることにより、移送中や、下地板取外しの際の衝撃によって薄板の下地板からの脱落を防止することができる。

【0019】

また、上記のように、下地板の浸漬機構への装着と取り外しは、るつば直上以外の場所で行なうことが望ましい。るつば直上以外の場所で装着と取り外しとを行なうことにより、装着および取り外し時に係合部より落下する微粒子が、るつば内の融液に入り込むことによる融液の汚染を防止することができる。

【0020】

上記の薄板を下地板から分離する前に、主室内、副室内および室外（主室外および副室外）の少なくとも1箇所で、薄板を付着した下地板を冷却するのがよい。

【0021】

上記方法により、下地板と薄板とを分離する分離装置にいたる前に、十分冷却されるので、分離装置やその周辺機器が高熱にさらされ耐久性などが劣化することがなくなる。また、分離後の薄板や下地板のハンドリングが容易となる。

【0022】

上記のるつば内の融液が所定レベルまで減少したとき、浸漬機構の操業を停止して、るつば内に原料を追装し、その後、るつば内の融液の温度および融液面の波立ちが安定するまで浸漬機構の操業を再開しないようにできる。

【0023】

上記により、追装による融液の温度変化、融液のゆれを抑制することができる。このため、薄板の形状と品質とを維持することができる。

【0024】

上記の追装においては、るつぼ内に原料を追装するとき、主室と隣接する追装用副室を通して、原料を主室内に装入することができる。

【0025】

また、上記の副室に下地板をまとめて外から複数枚搬入し、その副室から1枚ずつ下地板を主室に装入することができる。さらに、薄板が付着された下地板を、主室から1枚ずつ副室に取り出し、その副室から複数枚まとめて外に搬出してもよい。当然のことであるが、主室と副室との間にゲートバルブ等の開閉手段を介在させてもよい。

【0026】

副室における真空引き、不活性ガスパージは所要時間が長いので、タクト時間を長くする原因となる。上記のように複数の下地板を副室に搬入することにより、副室における雰囲気調整動作がタクトに及ぼす影響を緩和することができる。

【0027】

上記の下地板を複数枚まとめて外から副室に搬入し、その副室から複数枚まとめて主室内の装着待機位置に移送し、その装着待機位置から1枚ずつ、浸漬機構への装着位置に移してもよい。さらに、浸漬機構から薄板が付着された下地板を取り外す取外し位置から、下地板を1枚ずつ主室内の取出待機位置に移送し、その取出待機位置において下地板が所定の枚数たまったときに、複数枚まとめてその取出待機位置から副室に下地板を取り出してもよい。

【0028】

上記の方法により、副室の動作と、浸漬機構の動作とを独立して行なうことができるので、タクトを短縮することが可能となる。

【0029】

上記の浸漬機構は、薄板が付着した下地板の取外しと、新たに薄板を付着させる下地板の装着とを同じ動作で行なってもよい。

【0030】

この方法によっても、浸漬機構への下地板の装着と取外しを1アクションで行なうことができ、タクトを短くすることができる。

【0031】

本発明の別の薄板製造方法は、主室に配置されたるつぼ内の、金属材料および半導体材料のうち少なくとも一方を含む物質の融液に、浸漬機構に保持された下地板の表層部を浸し、その下地板の表面に前記融液を凝固させて薄板を製造する方法である。この薄板製造方法では、浸漬機構は、融液に浸漬して取出す方向に、下地板を搬送するための第1下地板搬送手段と、第1の方向と異なる第2の方向に下地板の搬送を可能とする第2下地板搬送手段と、下地板を360°回転可能な下地板回転手段とを備え、第1および第2の下地板搬送手段と、下地板回転手段との動作を制御することにより下地板の表層部をるつぼ内の融液に浸す。

【0032】

上記の第1下地板搬送手段を上下方向の搬送手段とし、また第2下地板搬送手段を下地板の進行移動方向の搬送手段ととることができる。上記下地板回転手段と上記2方向の動作とを組み合わせ、無理なく制御性のよい浸漬動作を行なうことが可能となる。

【0033】

上記の下地板回転手段は、その回転中心を支点として、支点と異なる力点に作動力を付加してその力点を支点周りに回転させることにより下地板を回転させるのがよい。

【0034】

上記のような構成により、浸漬動作と、その後に、形成された薄板が脱落しないように上向きに回転することを容易に行なうことができる。

【0035】

上記の下地板を、支点の周りに回動自由にかつ力点の周りに回動自由に取り付けた下地板装着部材に装着するのがよい。

【0036】

上記の構造によれば、力点と協働して、支点の周りに下地板装着部材を良好な

制御性をもって容易に回転させることができる。この下地板装着部材は、たとえば下地板が直接嵌め入れられる台座と、その台座を支点と力点との間に固定する台座支持部材とから構成する。台座支持部材は支点とも、また力点とも回転自由に取り付けられている。

【0037】

上記の支点1つに対して、力点を複数配置することができる。

この構造の場合には、たとえば下地板装着部材の慣性が大きい場合、複数の力点を用いて制御することにより、意図した軌道と実際の軌道との誤差を小さくでき、軌道の自由度が増すため制御性を向上させることができる。

【0038】

また、上記の浸漬機構が、下地板を装着し取外しする位置である装着／取外し位置から融液に浸漬する位置まで移動し、下地板に浸漬動作を行なわせて浸漬した後、下地板を取外しする装着／取外し位置に移動する一連の動作において、浸漬動作を行なわせる際の下地板の水平動作の方向を、装着／取外し位置に移動する動作方向と同じにすることができる。

【0039】

上記の方法によれば、下地板を融液に浸漬して上向きにする間、移動方向を逆転する必要がない。このため、薄板を下地板に付着してから上向きにする時間を短くすることができる。この結果、形成した薄板が脱落する可能性のある時間を短くことができ、薄板の回収率を向上させることができる。

【0040】

上記の浸漬機構は、主室内の第1の位置において第1の下地板を装着し、るつぽ上に移動して融液にその下地板を浸した後、移動し、第1の位置と異なる第2の位置において、その薄板を付着した第1の下地板を取り外し、その位置で新たに薄板を付着する第2の下地板を装着し、るつぽ上に移動してそのるつぽにその下地板を浸漬した後、第1の位置に移動し、そこで薄板を付着した第2の下地板を取り外すことができる。

【0041】

この方法により、たとえば浸漬機構がるつぽ上を所定の軌道に沿って往復運動

するとき、往路でもまた復路でも浸漬動作を行なうので、動作効率を高めることができる。この結果、タクトを短縮することが可能となる。

【0042】

上記のるつぼ内の融液面の位置を検知し、その融液面の位置に応じて、浸漬機構に装着した下地板の融液への浸漬動作を制御してもよい。たとえば、融液面の位置に応じて、浸漬機構に装着した下地板の融液への浸漬深さが一定になるように制御してもよい。上記の浸漬動作の制御は、下地板の厚さの変動がある場合にも、用いることができる。

【0043】

この方法により、融液の液面を一定位置に保つ必要がなくなり、融液の追装頻度を小さくできる。このため、薄板の品質を維持し、動作効率を向上することが可能となる。

【0044】

上記のるつぼ1つに対して複数機の浸漬機構を用いて、下地板に薄板を付着させてもよい。

【0045】

上記の方法により、一定量の融液を薄板に変化させる時間を短くすることができる。この結果、タクトを短縮することができる。

【0046】

本発明の他の薄板製造方法は、主室に設けられた浸漬機構に下地板を装着し、その下地板の表層部を主室に配置されたるるつぼ内の融液に浸し、その下地板の表面に薄板を付着させて薄板を製造する方法であって、るつぼに対して、複数の浸漬機構を配置して薄板を製造する。

【0047】

上述したように、複数の浸漬機構を用いることにより、一定量の融液を薄板に変化させる時間を短くすることができる。

【0048】

上記の複数の浸漬機構のうち、第1の浸漬機構が浸漬動作を行なっているとき、第1の浸漬機構とは別の第2の浸漬機構では、下地板の装着、薄板が付着され

た下地板の取外し、下地板の温度調整、および下地板の移動、の少なくとも1つを行なうことが望ましい。

【0049】

タクト律速となる浸漬動作の時間を変更することはできないが、その浸漬動作を一方の浸漬機構が行なっている時間内に、並行して他の浸漬機構が別の所定の動作を行なうことにより、タクトを短縮することができる。

【0050】

上記の全ての薄板製造方法において、下地板を浸漬機構に装着する前に、下地板の温度調整を行なうのがよい。この方法により、タクト時間を短縮して作業能率を向上させることができる。なお、上記の下地板の温度調整は、通常は主室で行なうが、副室で行なってもよい。

【0051】

本発明の薄板製造装置は、主室に設けられた浸漬機構に下地板を装着し、その下地板の表層部を主室に配置されたるつぼ内の上記融液に浸し、その下地板の表面に薄板を付着させて薄板を製造する薄板製造装置である。この薄板製造装置は、主室と開閉手段を隔てて隣接する、少なくとも1つの副室を備える。

【0052】

この構成により、下地板の副室への搬入や主室への装入などに合わせて、副室の雰囲気の主室の雰囲気に合うように、真空引きし、不活性ガスパージすることができる。このため、主室の雰囲気を負圧の不活性ガス雰囲気に高い安定性をもって保つことが可能となる。

【0053】

また、上記の第1の副室と第2の副室とを有し、第1の副室は、外から下地板を搬入し、主室に装入するための装入用副室であり、第2の副室は、前記薄板が付着された下地板を前記主室から取出し、外に搬出する取出用副室であるようにしてもよい。また、上記の第1および第2の副室は、主室を挟んで、対向する位置に設けてもよい。

【0054】

上記の構成により、薄板付着前の下地板と、薄板付着後の下地板との干渉を防

止することができ、下地板の流れをスムーズにすることができる。

【0055】

また、さらに開閉手段を介在させて主室と隣接する追装用副室を有し、その追装用副室を通して主室に追装用原料を供給してもよい。

【0056】

この構成により、主室の雰囲気を維持しながら追装を行なうことができるので、追装のための浸漬動作の停止から浸漬動作の再開までの時間を短縮することができる。

【0057】

本発明の別の薄板製造装置は、主室に配置されたるつば内の、金属材料および半導体材料のうち少なくとも一方を含む物質の融液に、浸漬機構に保持された下地板の表層部を浸し、その下地板の表面に融液を凝固させて薄板を製造する製造装置である。この薄板製造装置では、浸漬機構は、融液に浸漬して取出す方向に、下地板を搬送するための第1下地板搬送手段と、第1の方向と異なる第2の方向に下地板の搬送を可能とする第2下地板搬送手段と、下地板を360°回転可能な下地板回転手段とを備える。

【0058】

上記の構成により、上記下地板回転手段と上記2方向の搬送手段とを組み合わせ、無理なく制御性のよい浸漬動作を行なうことが可能となる。

【0059】

上記の下地板回転手段は、その回転中心を支点として、支点と異なる力点に作動力を付加してその力点を前記支点周りに回転させることにより下地板を回転させる機構を有してもよい。

【0060】

上記のような構成により、浸漬動作と、その後に、形成された薄板が脱落しないように上向きに回転することを容易に行なうことができる。

【0061】

また、上記の支点の周りに回動自由にかつ力点の周りに回動自由に取り付けられ、下地板を装着する下地板装着部材を備えることが好ましい。

【0062】

上記の構造によれば、力点と協働して、支点の周りに下地板装着部材を良好な制御性をもって容易に回転させることができる。

【0063】

また、支点1つに対して、力点を複数配置してもよい。この結果、浸漬機構が大型化して、たとえば下地板装着部材が大型化した場合でも、良好な制御性をもって浸漬動作を制御することができる。

【0064】

本発明のさらに別の薄板製造装置は、主室に設けられた浸漬機構に下地板を装着し、その下地板の表層部を上記融液に浸し、その下地板の表面に薄板を付着させて薄板を製造する薄板製造装置である。この薄板製造装置では、浸漬機構がるつぼに対して複数機設けられている。

【0065】

上記により、高能率の薄板製造装置を構成することができる。

上記の本発明の全ての薄板製造装置において、下地板装着位置の前段位置に下地板温度調整手段を備えるのがよい。

【0066】

上記の装置構成により、タクト時間を短縮し、製造能率を向上させ製造コストを下げることができる。

【0067】

【発明の実施の形態】

次に図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【0068】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1における薄板製造装置を説明する図である。図1に示す薄板製造装置10は、るつぼ2が配置された主室1と、その主室に隣接して設けられた2つの副室3、4とを有する。主室1のるつぼ2にはシリコン融液7が貯留され、そのシリコン融液7に下地板11の表層部を浸漬させる浸漬機構30が配置されている。主室には不活性ガスが導入され、大気圧よりもやや低

い圧力、すなわち負圧に保たれる。図1の薄板製造装置では、Arガスが導入され、圧力700Torrとされている。このArガスは排気に際し、フィルタ等を通してシリコン酸化物やその他の塵芥を除去し、循環使用することができる。

【0069】

副室3は下地板を装入するための装入用副室である。また、副室4は、シリコン5を付着された下地板11を主室1から取り出すための取出用副室である。装入用副室と取出用副室とは、るつぼ2をはさんで対面するように位置することにより、下地板の流れが簡単化される。しかし、必ずしもるつぼをはさんで対面する必要はない。この後、説明する浸漬機構の構成や形状により、2つの副室が主室の同じ壁側に配置される場合もある。その場合、副室を2つ設ける必要はなく、1つの副室に搬入用ラインと搬出用ラインとを設けてもよい。副室の雰囲気は、主室と同じ雰囲気、すなわち不活性ガス雰囲気で負圧とされている。

【0070】

次に、薄板製造方法について説明する。主室1が稼動中のとき、副室3と主室との間の気密性扉23を閉めた状態で、気密性扉21を開け、下地板11を副室3に搬入する。次いで、気密性扉21を閉め、副室3内を真空排気した後、Arガスを導入し、圧力を主室1と同じにすることにより、副室3の雰囲気を主室と同じにする。この後、主室における浸漬機構の稼動にしたがって、主室1との間の気密性扉23を開け、下地板11を主室に装入する。

【0071】

主室では、浸漬機構30が下地板11を把握して、るつぼ2の上に移送する。次いで、下地板11を下降させ、下地板11の表層部をシリコン融液7に浸漬し、下地板11の表面にシリコン薄板を形成する。この後、シリコン薄板を付着させた下地板11は上昇し、るつぼ2の上を離れる。下地板を融液に浸漬させている間、付着されたシリコン融液は冷却され、固相が成長し、所定のシリコン薄板が形成される。

【0072】

シリコン薄板が形成された下地板11は、副室4の気密性扉21が閉められ、副室の雰囲気が主室と同じになっていることを確認して開けられた気密性扉23

を通り取出用副室 4 に取り出される。この後、シリコン薄板が形成された下地板 11 は、気密性扉 23 が閉められた状態で気密性扉 21 を開けて外に搬出される。下地板 11 の表面に形成されたシリコン薄板を冷却するために、主室 1、副室 4 または外部の少なくとも 1 箇所において、冷却を加速する冷却装置を設け、その冷却装置によって、シリコンを付着した下地板を冷却してもよい。もっとも単純な冷却装置として、冷却水による冷却板を設置し、その上に下地板を必要時間接触させることにより、抜熱冷却する方法がある。

【0073】

主室 1 において下地板 11 を移送し、シリコン融液 7 に浸漬する浸漬機構 30 には、どのような機構を用いてもよい。図 2 および図 3 に、いくつかの浸漬機構を例示する。図 2 に示す浸漬機構では、支持板 36 をレール 32 に沿って走行させ、水平方向の移送を行なう。また、上下方向の移送は、レール 32 を支持し、ポールに沿って上下する昇降装置 33 を昇降させることによって行なう。

【0074】

下地板 11 は、ロッド 38 により支持板 36 に連結された台座 31 に取り付けられ、支持板 36 のレール 32 上の走行にしたがって移動する。るつぼ 2 中のシリコン融液 7 の上で昇降装置 33 が下降することにより、レール 32 とともに支持板 36、ロッド 38、台座 31 および下地板 11 が下降し、下地板の表層部がシリコン融液に浸漬される。この結果、下地板の表面にシリコンが付着される。この後、昇降装置 33 は上昇し、下地板はシリコン融液から離脱する。この間、水平方向の移動と、昇降動作と、下地板傾斜動作とは、互いに独立した制御機構によって動作される。この結果、下地板は任意の軌道および傾斜状態にて融液に突入し、融液内を移動し、融液から脱出することができる。このとき、通常は、パソコンにより、水平方向移動指令と、昇降動作移動指令と、傾斜動作指令とを、それぞれプログラミングし、それをコントローラに送信しておくことにより、プログラム通りの任意軌道を実現する。さらに、融液から脱出した後に水平運動になり、るつぼから離れた位置でシリコンを付着した下地板を台座から外す。シリコン融液は 1400～1500℃の高温であり、またシリコンの蒸着もあるので、レールなどの浸漬機構を保護するため、断熱性または冷却された遮蔽板 37

をるつば上に配置する。上記の水平方向移動と、昇降動作移動と、傾斜動作とは、それぞれの動作に1つのモータを割り当てられ、合計3つのモータによって個別に駆動される。上記のプログラムは、(a1) 融液の液面の変動および(a2) 下地板の板厚の変動、に対応して所定の厚さのシリコン薄板が得られるよう、上記の3つの独立した移動(動作)を制御する。

【0075】

図3に示す浸漬機構では、ガイド孔を有する支持板36をレール32に沿って走行させる。昇降レール34、35は、シリコン融液7の上で台座がシリコン融液に近づくように、るつば上で浅いU字状の軌道を形成している。ロッド38の上端部は走行自由にレール34、35に取り付けられている。

【0076】

下地板11を台座31に取り付け、レール32、34、35に沿って走行させる。るつばに近づくときレール34、35は滑らかな弧を描いてシリコン融液に近づく軌道をとる。このとき、支持板36に開けられたガイド孔を通してロッドがシリコン融液側に近づき、その結果、下地板11の表層部がシリコン融液に浸漬される。この後は、レール34、35は上昇する軌道をとる。この後の動きは、図2の場合と同様である。

【0077】

本実施の形態によれば、大量生産規模でシリコン薄板を製造した場合、下地板の装入および取出に付随して主室に侵入する酸素などを低減することができる。このため、るつば内のシリコン融液に生成する酸化物を抑制できるので、製品であるシリコン薄板の品質を確保することができ、さらに製造歩留りを向上させることができる。また、るつばから蒸発するシリコンが酸化物となりにくいので、メンテナンス作業そのものを容易化することができる。また、主室内の各種装置の耐久性を向上させることができる。

【0078】

(実施の形態2)

図4は、本発明の実施の形態2における薄板製造の流れを説明する図である。図4において、下地板11は装入用副室3を通して主室(装置本体)1に入られ

れ、浸漬機構 30 の装着位置に置かれる。浸漬機構に装着された下地板は温度を制御され、その表層部をシリコン融液に浸漬される。このシリコン融液への浸漬に際し、シリコン薄板を成長させる下地板の表面をシリコン融液に対面させて浸漬する。すなわち、下地板の結晶成長面を下向きにして浸漬する。浸漬位置から下地板を引き上げた後、生成したシリコン薄板が重力により下地板から脱落しないよう、下地板の結晶成長面を上向きにする。さらに、シリコン薄板を載せたまま下地板は、浸漬機構から取り外される取外し位置に置かれる。この後、シリコン薄板を載せた下地板は取出用副室 4 に取り出される。この後、シリコン薄板を冷却して、シリコン薄板と下地板とを分離する。

【0079】

上記のシリコン薄板の製造にともない、るつぼ内の溶融シリコンは減少してゆく。これを補うため、シリコン原料を補う。このため、主室に隣接させて追装用副室 6 を設け、追装用副室を通して、原料を追装機構、たとえば追装用るつぼ 9 に装入し、シリコン融液を製造する。追装機構は、このシリコン融液をるつぼに追装して、シリコン融液の補給をはかる。追装機構は、るつぼ周りの下地板の移動の妨げとならないように、追装用るつぼからるつぼへシリコン融液を流し込む断熱性の樋などを用いることができる。この追装機構により、たとえば、シリコン融液の液面を所定の変動範囲に保持することができる。

【0080】

上記の装入用副室 3、取出用副室 4 および追装用副室 6 には、主室との間および装置外との間に、気密性扉を備えている。さらに、主室ならびに上記装入用副室、取出用副室および追装用副室には、不活性ガスが導入されて所定の圧力に維持されている。主室の雰囲気圧力と各副室の雰囲気圧力は、ほぼ同じにする。ただし、所定の範囲内であれば、主室の圧力と副室の圧力とは相違してもよい。

【0081】

上記のように、3つの副室を用いることにより、大量生産する際に酸素などシリコン薄板の製造に悪影響を及ぼす気体の侵入を抑制することができる。この結果、不測の事態が発生しても、安定して事態に対処して操業に及ぼす影響を抑えることができる。

【0082】**(実施の形態3)**

図5は、本発明の実施の形態3における薄板製造装置を示す図である。図5に示す薄板製造装置では、下地板が一定の方向に流れてシリコン薄板が製造されてゆく点に特徴がある。主室1の一方の側に装入用副室3が、また、主室をはさんで対向する位置に取出用副室4が設けられている。各副室3、4と主室との間には、ゲートバルブ22が配置され、主室における気密性を確保している。

【0083】

主室1には、追装用副室6も設けられ、主室との間に配置された気密性扉23とともに、原料の装入にあたり主室の雰囲気安定性を確保している。装入された原料は、追装用るつぼ9に入れられ熔融され、るつぼ7に追装される。

【0084】

シリコン薄板が製造される流れの概略は次のとおりである。まず、下地板11が装置外から装入用副室に搬入される。搬入される下地板の枚数は、1枚ずつでもよいし複数枚ずつでもよい。図5に示す薄板製造装置では、下地板11は、装入用副室3から主室1に1枚ずつゲートバルブ22を経て装入される。主室内で、下地板は装着位置19で浸漬機構30に装着される。下地板11は、浸漬機構30により、シリコン融液7に対して一方の側から移送され、シリコン融液に浸漬される。この後、シリコン薄板を付着したまま下地板は浸漬機構から取り外され、他方の側に配置された取出用副室4にゲートバルブ22を経て取り出される。その間に、浸漬機構は下地板の装着位置19に戻る。シリコン薄板5が形成された下地板11は、取出用副室に所定枚数まで保持され、所定枚数に達した後に装置外に搬出される。

【0085】

図6は、上記の浸漬機構の詳細を示す図である。この浸漬機構30は、横行軸51を走行する昇降機構52を備え、その昇降機構に下地板保持具27が吊り下げられている。下地板保持具27は、回転機構54によって回転する回転支柱55と懸垂支柱53とを備えている。回転支柱55と懸垂支柱53との間には台座31が支持されている。台座31は中央部に、下地板と係合する係合溝31aを

有している。図6に示す下地板11は裏面に畝状突起11aを有し、その畝状突起11aと、台座の係合溝31aとが係合し、両者は一体化される。

【0086】

主室内に装入された下地板11は、下地板装着位置において浸漬機構30に装着される。図6の左端に位置する下地板保持具27は、台座31に下地板が係合された状態を示す。回転支柱55は懸垂支柱53よりも手前に位置しており、台座の支持位置も手前に位置している。昇降機構52が右側に走行するにつれ、回転機構54が回転し、回転支柱55を懸垂支柱53よりも左側に位置するようにする。この回転により、台座31は下地板11の上側に位置するようになる。この結果、下地板の結晶成長面がシリコン融液7に対面するようになる。この後、シリコン融液中に下地板の表層部を浸漬させることにより、結晶成長面にシリコン結晶を成長させる。シリコン融液から下地板を引き上げた後、回転機構54が再び回転することにより、下地板を台座の上側に位置するようにする。このとき下地板の結晶成長面は天側を向く。

【0087】

上記の浸漬機構を用いることにより、下地板からのシリコン薄板の脱落を防止することができる。

【0088】

次に、上記の薄板の製造の時系列について、図7を用いて説明する。図7において、薄板製造フローは5秒間隔で記述されている。まず、最初に、下地板は4枚1組で装入用副室に搬入される。次いで、装入用副室を真空に引く。この後、装入用副室をアルゴンガスでパージする。ここまでの処理は装入用副室に対して行なうので、4枚の下地板に共通になされる。このとき、同時に、取出用副室についても真空引きとアルゴンガスパージを行なう。

【0089】

この後、下地板を1枚、主室内に搬送し、浸漬機構に装着する。下地板の温度調整を行なった後、シリコン融液に浸漬し、引き上げる。次いで、浸漬機構から下地板を取り出す。この後、浸漬機構を元の装着位置に戻しながら、2枚目の下地板を装入用副室から主室に搬送する。このとき、1枚目のシリコン薄板が形成

された下地板は取出用副室内に取り出され、そこに保持される。2枚目以降の下地板について、主室内に搬送された後、1枚目の下地板と同じ処理が繰り返され、4枚目の下地板が取出用副室に取り出されたときには、取出用副室にはシリコン薄板が形成された下地板が4枚保持される。

【0090】

これら4枚のシリコン薄板が形成された下地板は、4枚一緒に取出用副室から取り出される。このとき、最初に装入用副室に下地板が4枚搬入された時点から、ほぼ80秒に達する時間が経過している。したがって、装入用副室に4枚まとめて搬入し、1枚ずつ浸漬処理を行い、4枚まとめて取り出す場合、タクト（サイクルタイム）は80秒であり、1枚当たり20秒の処理時間を要することになる。

【0091】

本実施の形態における製造方法によれば、下地板の装入用副室から主室への装入および主室から取出用副室への取り出しは、別々に行なう。このため、装入および取出しの機構を簡略化できるので、薄板製造装置の機構の信頼性を高くすることができる。

【0092】

（実施の形態4）

図8は、本発明の実施の形態4における薄板製造装置を示す図である。本実施の形態では、浸漬機構による下地板の移送方向と、装入用副室から取出用副室へ向う方向とが交差する点に特徴がある。浸漬機構は、装着された下地板をるつばの上に移送し、シリコン融液に浸漬した後、元の装着位置19に戻る。ここで、シリコン薄板が形成された下地板を取り外しながら、新しい下地板を浸漬機構に装着する。この結果、下地板の装着と取外しを別々に行なう場合に比較して、時間を短縮することができる。

【0093】

上記のように、下地板の浸漬機構への装着と取外しを並行して行なうことを可能にする装置として、たとえば、図9に示す下地板着脱機構がある。図9において、シリコン薄板が形成された下地板が、装着位置19に戻ってきている。シリ

コン薄板が形成された下地板 11 は、その裏面に設けた畝状突起が台座 31 の係合溝に嵌め込まれることによって、台座に取り付けられている。下地板装着位置 19 には、主室内に配置された下地板移送装置 39 によって下地板 11 が移送されてくる。下地板移送装置の下地板 11 と、シリコン薄板が形成された下地板とは高さが揃えられており、下地板移送装置は、新しい下地板を台座 31 の係合溝の延びる方向に嵌め込む。このとき、シリコン薄板が形成された下地板は新しい下地板によって押し出され、浸漬機構から取り外される。この場合、下地板の装着位置と取外し位置とは隣り合った位置または略同じ位置となる。このため、装着位置 19 は、取外し位置をも表している。

【0094】

図 10 は、上記の薄板の製造の時系列を示す図である。この製造フローは、大部分、図 7 の製造フローと同じである。異なる点は、図 7 では、浸漬機構から下地板を取り外し、次いで、浸漬機構を元の装着位置に戻してから、2 枚目の下地板を浸漬機構へ装着するが、図 10 では、下地板の浸漬機構への装着と取り外しを同時並行的に行なう点である。このため、時間短縮を実現することができる。すなわち、図 10 の経過時間 35 秒の欄において、2 枚目の下地板の浸漬機構への装着と、1 枚目の下地板の浸漬機構からの取り外しを同時並行的に進めることができる。このため、4 枚のシリコン薄板の製造のタクトを、75 秒に短縮することができる。これは、シリコン薄板 1 枚当たり 19 秒であり、図 7 に示す製造フローよりも 1 枚当たり 1 秒間短縮できる。この結果、製造コストが大きなウェイトを占める太陽電池等の分野において、製造能率を高め、製造コストを低減することができる。

【0095】

(実施の形態 5)

図 11 は、本発明の実施の形態 5 の薄板製造装置における浸漬機構の動作を示す図である。挿入用副室や取出用副室、浸漬機構の配置や下地板の流れは、すべて実施の形態 4 と同じである。本実施の形態では、実施の形態 4 の図 8 のように、下地板の装着と取外しとを行なう装着／取外し位置 19 から、下地板が流つばに向かって移動し、浸漬し、薄板を成長させる。この後、下地板を装着／取外し

位置 19 に戻し、下地板を取り外す。この一連の浸漬機構の動作について説明する。

【0096】

下地板保持具 27 は、横行軸 51 を走行し、下地板に対して上下方向移動、水平方向移動および回転移動を行なわせる。懸垂支柱 53 上の末端に支点 76 がある。支点 76 には台座 31 を固定する台座支持部材 59 が回転自由に取り付けられ、台座支持部材に下地板を嵌め合わせる台座 31 が接続されている。台座支持部材 59 は、回転支柱 55 の末端に位置する力点 77 と支点 76 とを結合するように接続されている。懸垂支柱 53 の上部には、回転機構 54, 75 があり、回転アーム 78 を介して回転支柱 55 を支えている。回転機構 54, 75 を回転させることにより、下地板を回転させることが可能となる。台座支持部材は、支点にも力点にも回転自由に取り付けられている。

【0097】

図 11 において、浸漬動作は次のどちらかの移動方向をとることになる。すなわち紙面において反時計回り方向 64 または時計回り方向 65 である。反時計回り方向 64 での浸漬動作は、次の動作を 1 サイクルとする繰返し動作となる。

【0098】

(1) 下地板装着／取外し位置 19 にて、下地板 11 を装着する。

(2 a) 浸漬前位置（この場合は位置 63）まで下地板 11 を移動させる。

【0099】

(3 a) 下地板 11 を浸漬し、浸漬後の位置（この場合は位置 62）へ移動させる。

【0100】

(4 a) 下地板 11 を浸漬後位置から下地板装着／取外し位置 19 へ戻す。

(5) 薄板を付着した下地板 11 の取外しを行なう。

【0101】

反時計回り方向 64 の場合は、浸漬動作時の水平動作方向は図中の右方向であり、上掲の戻り動作（4 a）の方向と逆の方向となる。

【0102】

一方、時計回り方向 6 5 での浸漬動作は、以下の動作を 1 サイクルとする繰返し動作となる。

【0103】

- (1) 下地板装着／取外し位置 1 9 にて、下地板 1 1 を装着する。
- (2 b) 浸漬前位置（この場合は位置 6 2）まで下地板 1 1 を移動させる。

【0104】

- (3 b) 下地板 1 1 を浸漬し、浸漬後の位置（この場合は位置 6 3）へ移動させる。

【0105】

- (4 b) 下地板 1 1 を浸漬後位置から下地板装着／取外し位置 1 9 へ戻す。
- (5) 薄板を付着した下地板 1 1 の取外しを行なう。

【0106】

時計回り方向 6 5 の場合は、浸漬動作時の水平動作方向は図中の左方向であり、上に挙げた戻り動作方向（4 b）と同じ方向となる。

【0107】

上記に示すように、反時計回り方向 6 4 と、時計回り方向 6 5 とでは、浸漬前位置と浸漬後位置が入れ替わる。浸漬前位置および浸漬後位置における融液の液面に対する傾き角度は、本実施例では $\pm 80^\circ$ としている。

【0108】

図 1 2 は、横行軸 5 1 を走行する下地板保持具 2 7 の詳細を説明する図である。懸垂支柱 5 3 上の末端に支点 7 6 がある。台座支持部材 5 9 は、回転支柱 5 5 の末端に位置する力点 7 7 と支点 7 6 とを結合するように接続されている。台座支持部材 5 9 には下地板 1 1 を係合する台座 3 1 が接続されている。懸垂支柱 5 3 の上部には、回転機構 5 4, 7 5 があり、回転アーム 7 8 を介して回転支柱 5 5 を支えている。回転機構 5 4, 7 5 を回転させることにより、下地板 1 1 を回転させることが可能となる。

【0109】

最も単純な構造は、支点と力点に貫通軸を設ける構造である。しかしながら、この方法では貫通軸と支柱とが物理的に干渉するため、 360° 回転することは

不可能である。一例として、下地板表面が真下を向いている状態を回転角度 0° とし、図中の時計回り方向を正方向とすると、 $+90^{\circ}$ 付近にて力点 77 の貫通軸と懸垂支柱 53 とがぶつかることになる。そのため、下地板回転範囲は正方向は 80° まで、負方向は -260° までとなる。一方、支点または力点の少なくともどちらか一方を貫通軸としないことにより、支柱との干渉を避けることが可能となる。この場合、 360° 回転が可能である。ただし、構造が複雑となるため、コストと耐久性が悪化する。

【0110】

下地板の 360° 回転が不可能である場合の浸漬機構の動作について説明する。図 11 において、戻りと逆の方向に浸漬する場合は、下地板装着／取外し位置 19 から浸漬前位置 63 に移動する間に、下地板は時計回り回転によって、上向き（回転角度 $= -180^{\circ}$ ）から $+80^{\circ}$ まで、合計 260° 回転する必要がある。その後、反時計回り回転を行ないながら浸漬を行ない、浸漬後位置 62 から下地板装着／取外し位置 19 に戻りながら -180° まで合計 100° 回転する。

【0111】

戻りと同じ方向に浸漬する場合は、下地板装着／取外し位置 19 から浸漬前位置 62 に移動する間に下地板は時計回り回転によって、上向き（回転角度 $= -180^{\circ}$ ）から -80° まで、合計 100° 回転する必要がある。その後、浸漬を行ない、浸漬後位置 63（回転角度 $= +80^{\circ}$ ）からは戻りながら反時計回りに -180° まで、合計 260° 回転する必要がある。

【0112】

上記のどちらの浸漬動作の場合においても、下地板が 360° 回転しないために、浸漬前の移動または戻りのどちらかで、 260° 回転させる必要がある。回転速度を $3000^{\circ}/\text{秒}$ と設定した場合、回転だけで 5.2 秒を必要とするため、タクトを大幅に悪化させる原因となってしまう。動力の大型化によって回転速度を向上させるとしても、耐久性対策が必要となり、浸漬機構の重量が増加し、さらに動力を大型化する必要が発生するため、装置コストが大幅に上昇する。

【0113】

次に、下地板が 360° 回転することが可能である場合の浸漬機構の動作について説明する。図11において、戻りと逆の方向に浸漬する場合は、下地板装着／取外し位置19から浸漬前位置63に移動する間に、下地板は反時計回り回転によって、上向き（回転角度 $=-180^\circ$ ）から $+80^\circ$ まで、合計 100° 回転する。その後、浸漬を行ない、浸漬後位置62から戻りながら -180° まで、合計 100° 回転する。

【0114】

戻りと同じ方向に浸漬する場合は、下地板装着／取外し位置19から浸漬前位置62に移動する間に下地板は時計回り回転によって、上向き（回転角度 $=-180^\circ$ ）から -80° まで、合計 100° 回転する。その後、浸漬を行ない、浸漬後位置63（回転角度 $=+80^\circ$ ）から戻りながら -180° まで、合計 100° 回転する。

【0115】

上記のどちらの浸漬の場合においても、下地板が 360° 回転するために、浸漬前の移動または戻りの動作中に、 100° 回転させる必要がある。回転速度を 3000° /秒と設定した場合、2秒で回転が終了する。

【0116】

上記のように装置コストと耐久性、タクトから、下地板が 360° 回転可能とすることが望ましい。

【0117】

次に、上記時計回り方向65の場合（浸漬動作方向が戻り方向と同じ方向）と、上記反時計回り方向64の場合（浸漬動作方向が戻り方向と反対方向）において、浸漬前位置から浸漬後位置までの浸漬軌道および条件を等しくして薄板を製造した場合の薄板の回収率を表1を用いて説明する。

【0118】

【表1】

浸漬動作時の水平動作方向	回収率 (%)
戻り方向と同一	95
戻り方向と反対	92

【0119】

表1において、反時計回り方向64の場合（表1中、戻り方向と反対）、薄板が成長後に交換位置に戻るまでに落下することにより、時計回り方向65（表1中、戻り方向と同一）に比べて回収率は悪い。これは下地板を上向きにするまでに、下地板の水平動作方向が逆転することによって薄板が慣性力によって下地板から外れやすくなるためである。時計回りの場合は、下地板の水平動作方向は常に下地板が薄板を押し方向であり、薄板が下地板から外れにくい。このため、浸漬動作時の水平移動方向は、戻り方向と同じ方向であることが望ましい。

【0120】

（実施の形態6）

図13は本発明の実施の形態6の薄板製造方法における浸漬機構の下地板保持部の詳細を説明する図である。懸垂支柱53上の末端に支点76がある。支点76には下地板11に係合する台座31が接続されている。支点に対し、下地板11と反対側で、回転支柱55の末端に位置する力点77に接続されている。懸垂支柱53の上部には、回転機構54、75があり、回転アーム78を介して回転支柱55を支えている。回転機構54、75を回転させることにより、下地板11を回転させることが可能となる。

【0121】

図14に示すように、図12に示す下地板保持具27を用いた場合、下地板11を傾けながら浸漬動作を行なうと、支点76または力点77が融液7に漬かってしまう。このために、下地板11を大きく傾けることが不可能である。

【0122】

一方、図15に示すように、図13に示す下地板保持具を用いる場合には、融液7突入時の下地板11の傾斜角度、または融液7から脱出時の下地板11の傾斜角度のどちらか一方を大きくとることができる。また、図15に示すように、下地板が下向きの状態を0°とし、時計回り方向を正方向とすると、90°状態で融液から脱出させることも可能となる。融液から脱出する際は、成長した薄板の末端部が融液から離れるときに薄板上にシリコン融液の液溜りが残存する。これは表面張力によるものである。そのため末端部が融液から離れる時点で、下地

板を90°に傾けることにより融液の液切れをよくし、液溜り残存量を大幅に減らすことが可能となる。

【0123】

(実施の形態7)

図16は、本発明の実施の形態7における薄板製造装置を示す図である。本実施の形態における特徴は、下地板の浸漬機構30への装着取出し位置を2箇所設け、浸漬機構の1方向への移動において浸漬を一度行い、またそこからの戻り移動においても浸漬を一度行なう点に特徴がある。下地板の取外し位置は装着位置19によって表している。実施の形態3および4では、浸漬機構が浸漬した後、戻る途中では、浸漬を行なわなかった。しかし、本実施の形態では、往復ともに浸漬を行なう。この場合、1つの装入用副室と1つの取出用副室とを用い、下地板を2箇所の装着位置19に、1つの装入用副室から移送し、また2箇所の下地板装着位置19から1つの取出用副室に移送する。

【0124】

図17は、本実施の形態における製造の時系列を示す図である。この製造フローは、大部分、図10と同じである。異なる点は、図10では浸漬動作後に戻る時間が必要であるが、図17では浸漬動作後すぐに下地板装着取外しを行い、その直後に、戻る動作を行わずに、すぐに次の浸漬動作を行なえる点である。このため、4枚の下地板にシリコン薄板を形成するタクトは65秒に短縮することができる。これは、1枚当たり16秒に相当する。

【0125】

図18は、浸漬機構30の往復とともに浸漬に用いる場合の薄板製造装置の変形例を示す図である。この場合、装入用副室3を2つ、また取出用副室4を2つ設けた点に特徴がある。この薄板製造装置を用いることにより、主室1内で下地板11を2箇所へ振り分ける、または2箇所から合流させるための機構が不要なため、構成を単純化することができる。さらに、装入用副室2つの動作、取出し用副室2つの動作をそれぞれ同期させることで、装置長さを大幅に増加することなく、全体の作業における副室での作動時間の占める比率を、1作動/4浸漬から1作動/8浸漬に低減でき、タクトをさらに減少させることができる。

【0126】

(実施の形態 8)

図19は、本発明の実施の形態8における薄板製造装置を示す図である。本実施の形態では、主室内に装着待機位置25および取出し待機位置26を設けた点に特徴がある。この装着待機位置25および取出し待機位置26は、装入用副室3から浸漬機構30への下地板11の供給および浸漬機構30から取出用副室4への取出しにおいてバッファとして作用する。このため、各副室の動作と浸漬機構の動作とを独立にすることができる。このため、タクトは、各副室の動作に無関係となり、浸漬機構の動作だけで決まるようになる。装着待機位置にて待機できる下地板枚数は、副室から一度に供給される枚数以上とする必要がある。同様に、取出し待機位置にて待機できる下地板枚数は、副室に一度に取出される枚数以上とする必要がある。

【0127】

図20は、図19における薄板製造装置における製造の時系列を示す図である。この図によれば、タクトに大きく影響していた副室動作中に、並行して浸漬機構が動作を継続することが可能となる。この結果、4枚の下地板にシリコン薄板を形成するタクトは40秒となり、大幅な低減が実現される。これは、シリコン薄板1枚当たり10秒に相当する。

【0128】

(実施の形態 9)

図21は、本発明の実施の形態9における薄板製造装置を示す図である。本実施の形態では、1つのるつぼに対して2つの浸漬機構30a, 30bを設けた点に特徴がある。2つの浸漬機構を設けることにより、1つの浸漬機構、たとえば浸漬機構30aが浸漬動作を行なっているとき、他の浸漬機構30bは他の動作を進行させることができる。浸漬動作における実浸漬時間は、シリコン薄板の結晶成長条件に基き大幅な短縮は困難である。しかし、2つの浸漬機構が異なる動作を同じ期間に進行させることにより、浸漬処理時間トータルでタクトを半減することができる。

【0129】

図 2 2 に、上記のように 2 つの浸漬機構を用い、両者のるつぼにおける浸漬動作がずれるように、各浸漬機構の動作をずらして行なった場合の薄板製造の時系列を示す。図 2 2 によれば、4 枚の下地板に対してシリコン薄板を形成するタクトを 20 秒に短縮することができる。これは、下地板 1 枚当たり 5 秒に相当する。この下地板 1 枚当たりの浸漬工程時間は、実施の形態 1 における下地板 1 枚当たりの浸漬工程時間 20 秒に比べると、非常に短縮されている。

【0130】

図 2 1 において、冷却設備 26 を設けた理由は次のとおりである。上記のようにタクト時間が短縮されると、自然放冷の時間も同様に大幅に短縮される。このため、シリコン薄板を載せた下地板を取出用副室 4 から装置外へ搬出したとき、冷却が十分でなく高温状態にある可能性がある。このため、装置外においてシリコン薄板 5 と下地板 11 とを剥離する機構を高温にさらし、剥離機構やその他の機構に不具合を発生する可能性がある。これを避けるために、図 2 1 に示すように、シリコン薄板 5 が形成された下地板 11 を主室 1 内で保持する取出し待機位置 26 に冷却装置 26a を装備させることにより、上記下地板 11 を十分低温まで冷却することができる。

【0131】

上記のように、取出し待機位置にて待機できる下地板枚数は、副室に一度に取出される枚数以上とする必要がある。ただし、取出し待機位置にて冷却も行なう場合は、上記枚数に加えて、(下地板冷却に必要な時間(秒) / 下地板 1 枚あたりの浸漬工程時間(秒/枚)) の枚数を加えた枚数を待機冷却する必要がある。たとえば、下地板冷却に必要な時間を 10 秒とし、副室に一度に 4 枚ずつ取出した場合は、下地板 1 枚あたりの浸漬工程時間が 5 秒であるため、待機枚数を $4 + (10 / 5) = 6$ 枚以上とする必要がある。

【0132】

本実施の形態によれば、1 つのるつぼ 2 に対して、2 つの浸漬機構を配置することにより、タクトを大きく減少させることができる。さらに、タクト短縮にもなうシリコン薄板 5 が形成された下地板 11 の冷却不足は、主室 1 内、取出用副室 4、または薄板製造装置外部のいずれかの位置に冷却装置を設けることによ

り解消させることができる。

【0133】

なお、本実施の形態では、主室1内に配置されるるつぼは1つであったが、るつぼは複数でもよく、浸漬機構は各るつぼに1つずつ配置してもよいし、複数配置してもよい。また、1つの浸漬機構が2以上のるつぼに浸漬処理を行なってもよい。

【0134】

(実施の形態10)

図23は、本発明の実施の形態10における薄板製造装置を示す図である。本実施の形態では、るつぼ2内のシリコン融液7に対してシリコンを追装する追装設備を配置した点に特徴がある。

【0135】

浸漬機構を作動させて、多くのシリコン薄板を製造した場合、シリコン融液7の液面が低下する。この液面位置を、画像処理やレーザー測定によって把握し、シリコン融液7に対する下地板の軌道を修正することにより、液面位置の変化に対処することはできる。しかし、るつぼ2に対してシリコン融液7の減少が大きくなると、るつぼ2の壁面と下地板軌道との干渉や、るつぼ2底壁と下地板軌道との干渉が問題となる。すなわち、るつぼ2と下地板との接触が問題となる。したがって、シリコン融液7の減少が所定の範囲を超えると、下地板の軌道の修正では対処できなくなる。

【0136】

シリコン融液7の減少が所定範囲を超えた場合、いったん浸漬動作を中断し、シリコン融液を補充する必要がある。図23に示すように、追装用の原料を追装用副室6を介して追装用るつぼ9に投入し、加熱してシリコン融液とする。このシリコン融液を任意のタイミングでるつぼ2に追加し、シリコン融液7の減少に対応することができる。追装用副室6と主室1との間に、気密性扉23を設ける。また、追装用るつぼ9は移動が可能なものでもよい。また、追装用樋などをるつぼ2との間に配置してもよい。追装用るつぼ9を移動可能とするか、または移動可能追装用樋の配置により、るつぼ2周辺における下地板の移動の妨げとなる

ことを避けることができる。

【0137】

追装のタイミングは、たとえば、シリコン薄板500枚につき1回行なうとした場合、実施の形態9の場合、1枚当りの処理時間が5秒なので2500秒に1回追装することになる。この2500秒という時間間隔は、追装用原料を追装用副室6から主室1に入れ、追装用るつぼ9にて熔融することが可能な時間である。このため、下地板のるつぼ2への浸漬処理とは独立に、並行的に追装作業を進めることができる。るつぼ2へのシリコン融液の追装に割かれるトータルの時間である、実追装時間は約30秒である。その後、約10分の融液温度安定時間を要する。合わせて630秒間は、次の浸漬動作を行なえない時間となる。実装ピッチの2500秒に対しては、25%強となるため、数日または数週間のオーダーで薄板を製造する際の、下地板1枚あたりのタクトタイムは、 $5 \times 1.25 = 6$ 秒強となる。

【0138】

本実施の形態における追装を行なうことにより、シリコン薄板の製造を数日または数週間のオーダーで連続して行なうことが可能となった。

【0139】

(実施の形態11)

これまで説明した実施の形態では、下地板の温度調整を下地板装着後に実施している。これは、下地板温度調整後から下地板が融液に浸漬するまでのタイムラグを抑えることにより輻射によって放出される熱量を極力抑えるためである。しかしながらたとえば設定温度が700℃以下の場合のように、輻射による熱損失を考慮しなくてよい場合、温度調整は下地板を装着する前の段階で実施することが可能である。さらに温度分布を均一化するために、温度調整時間を長く必要とする場合などは、下地板装着前の段階に温度調整を行なうことが望ましい。

【0140】

たとえば、実施の形態9において、温度調整を前段で実施する場合、温度調整は浸漬動作と並行して行なうことが可能となる。タクトタイムは下地板温度調整時間分(4枚につき2秒×2)削減可能である。さらに、下地板装着前に複数の

温度調整機構を備えることにより、温度調整時間を長くすることが可能となる。この場合、温度調整機構の必要数は、（温度調整に必要な時間（秒）／下地板1枚あたりの浸漬工程時間（秒／枚））以上である。たとえば、下地板温度調整に必要な時間を8秒とすると、下地板1枚あたりの浸漬工程時間が4秒であるため、温度調整機構の必要数は2段以上となる。

【0141】

下地板の温度調整には、ヒータなどを用いることができる。また、ヒータは、主室内の装着待機位置などに配置することができる。

【0142】

装着待機位置にで待機できる下地板枚数は、副室から一度に供給される枚数以上とする必要がある。ただし、装着待機位置にて下地板温度調整も行なう場合は、上記枚数に加えて、下地板温度調整の段数分の枚数を加える必要がある。たとえば、副室から一度に供給される枚数を4枚とした場合、上記のように、下地板温度調整機構の段数は2段以上であるため、待機枚数を（4＋2）枚以上とする必要がある。

【0143】

上記において、本発明の実施の形態について説明を行なったが、上記に開示された本発明の実施の形態は、あくまで例示であって、本発明の範囲はこれら発明の実施の形態に限定されることはない。本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

【0144】

【発明の効果】

本発明の薄板製造方法および薄板製造装置を用いることにより、下地板を副室を経て主室に装入し、浸漬処理を行なうので、大量生産する場合でも、主室の雰囲気所定の範囲内に安定して維持することができる。このため、高品質のシリコン薄板を高い歩留りで製造することが可能となる。また、1つのるつぽに対して2つ以上の浸漬機構を配置することにより、高能率でシリコン薄板を製造することができる。さらに、副室を通してシリコン融液の追装を行なうことにより、

追装に要する中断時間を短くして、長時間の連続操業を行なうことができる。この結果、シリコン薄板のコストを低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 本発明の実施の形態 1 における薄板製造装置を示す図である。
- 【図 2】 図 1 の薄板製造装置の浸漬機構の一例を示す図である。
- 【図 3】 図 1 の薄板製造装置の浸漬機構の他の例を示す図である。
- 【図 4】 本発明の実施の形態 2 における薄板製造方法を示す図である。
- 【図 5】 本発明の実施の形態 3 における薄板製造装置を示す図である。
- 【図 6】 図 5 の薄板製造装置の浸漬機構を示す図である。
- 【図 7】 図 5 の薄板製造装置を用いた薄板製造の時系列を示す図である。
- 【図 8】 本発明の実施の形態 4 における薄板製造装置を示す図である。
- 【図 9】 図 8 の薄板製造装置の浸漬機構を示す図である。
- 【図 10】 図 8 の薄板製造装置を用いた薄板製造の時系列を示す図である。
- 【図 11】 本発明の実施の形態 5 の薄板製造装置における浸漬機構を示す図である。
- 【図 12】 下地板保持具を例示する図である。
- 【図 13】 別の下地板保持具を例示する図である。
- 【図 14】 図 12 に示す下地板保持具を使用している図である。
- 【図 15】 図 13 に示す下地板保持具を使用している図である。
- 【図 16】 本発明の実施の形態 7 における薄板製造装置を示す図である。
- 【図 17】 図 16 の薄板製造装置を用いた薄板製造の時系列を示す図である。
- 【図 18】 本発明の実施の形態 7 における薄板製造装置の変形例を示す図である。
- 【図 19】 本発明の実施の形態 8 における薄板製造装置を示す図である。
- 【図 20】 図 19 の薄板製造装置を用いた薄板製造の時系列を示す図である。
- 【図 21】 本発明の実施の形態 9 における薄板製造装置を示す図である。

【図 2 2】 図 2 1 の薄板製造装置を用いた薄板製造の時系列を示す図である。

【図 2 3】 本発明の実施の形態 1 0 における薄板製造装置を示す図である。

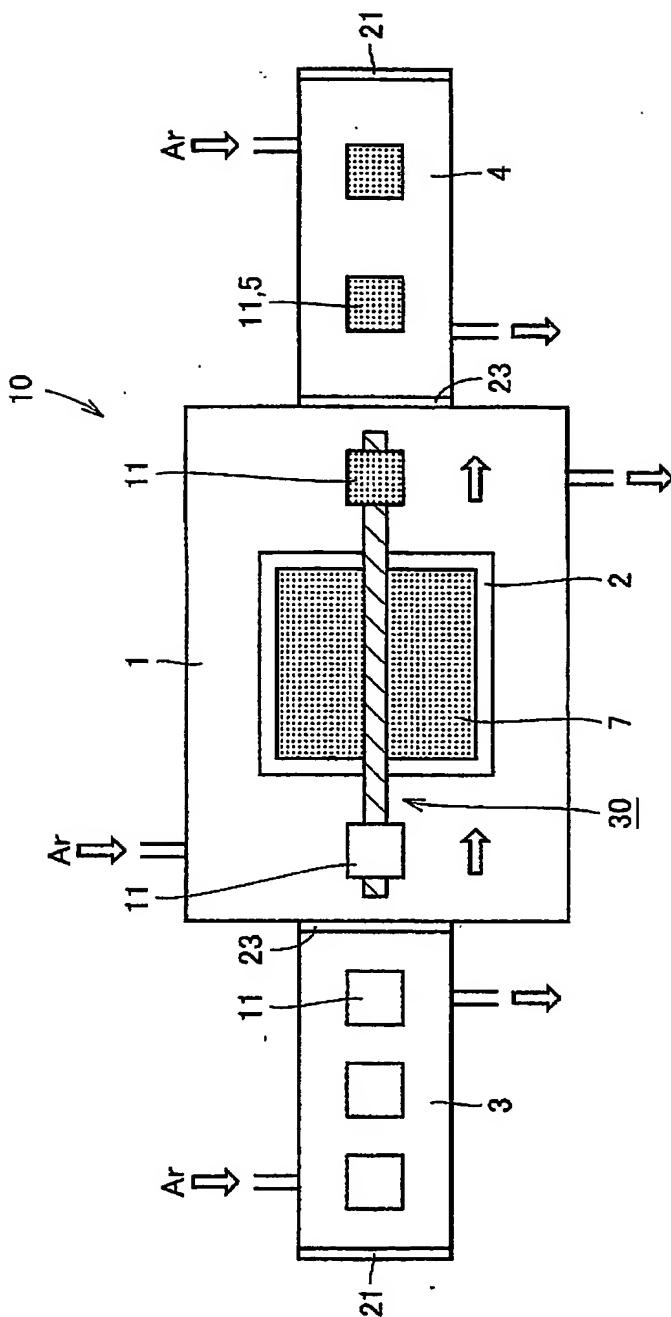
【符号の説明】

1 主室、2 るつば、3 装入用副室、4 取出用副室、5 シリコン層（シリコン薄板）、6 追装用副室、7 シリコン融液、9 追装用るつば、10 薄板製造装置、11 下地板、11a 畝状突起、19, 19a, 19b 下地板の装着位置、21 気密性扉、22 ゲートバルブ、23 気密性扉、25 装着待機位置、26 取出し待機位置、26a 冷却装置、27 下地板保持具、30, 30a, 30b 浸漬機構、31 台座、31a 係合溝、32 レール、33 昇降機構、34, 35 レール、36 支持板、37 断熱性遮蔽板、38 ロッド、39 下地板移送装置、51 横行軸、52 昇降機構、53 懸垂支柱、54 回転機構、55 回転支柱、59 台座支持部、62 浸漬後位置、63 浸漬前位置、64 反時計回り、65 時計回り、75 回転機構、76 支点、77 力点、78 回転アーム。

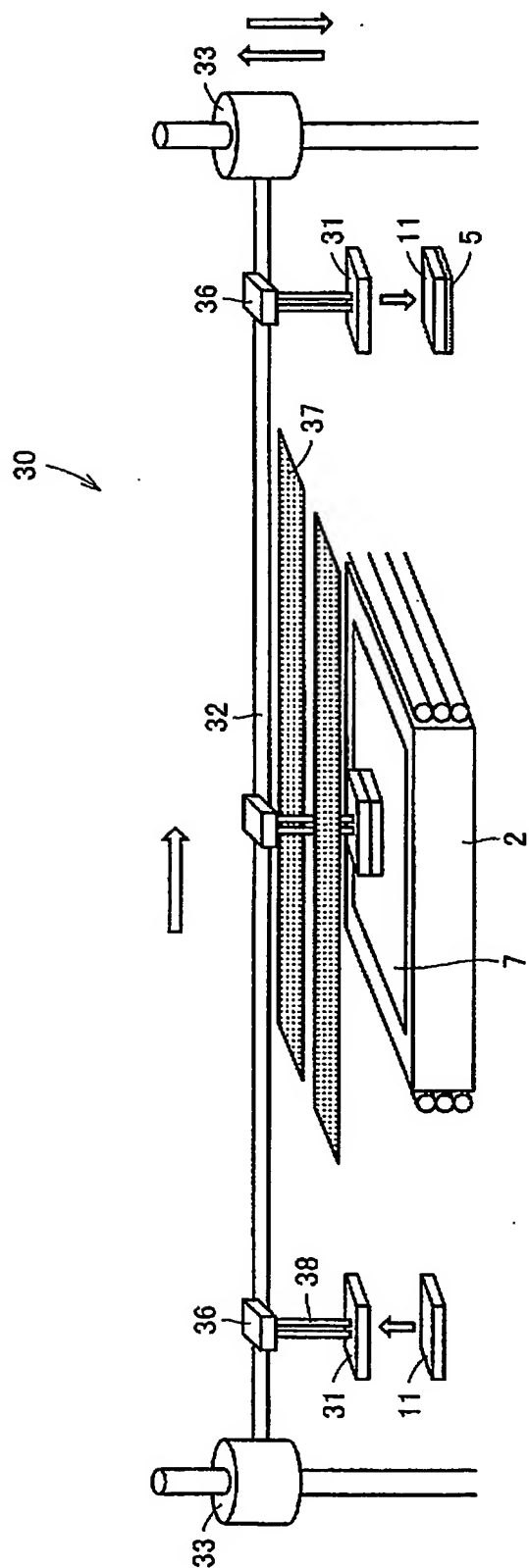
【書類名】

図面

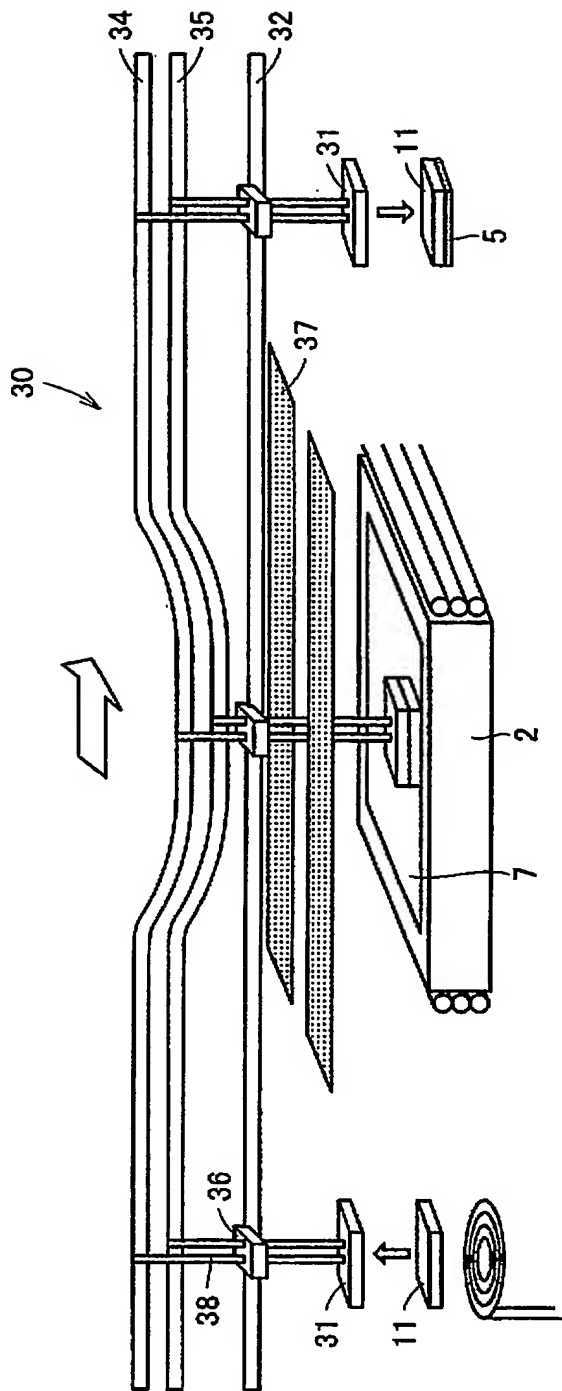
【図 1】



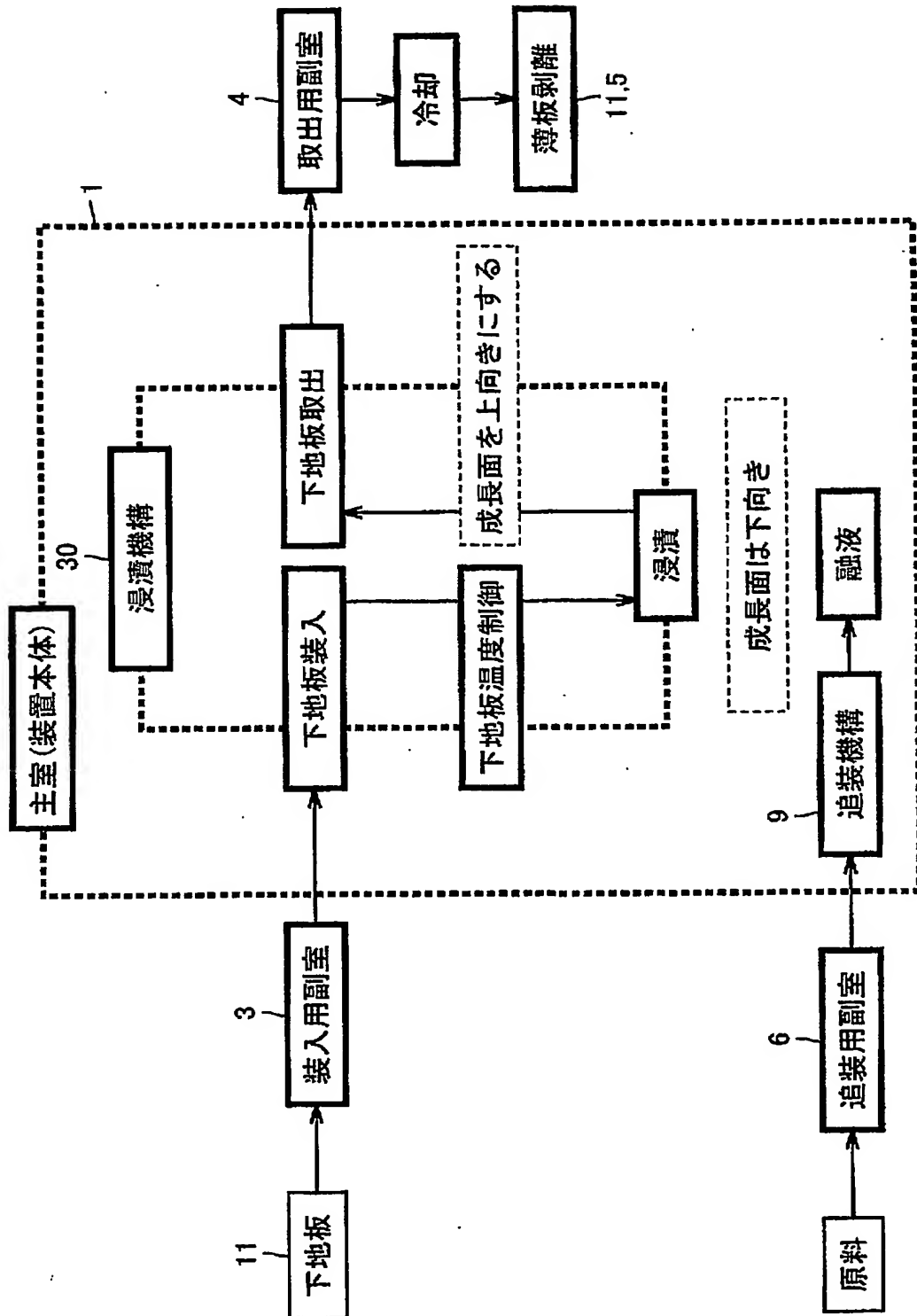
【図 2】



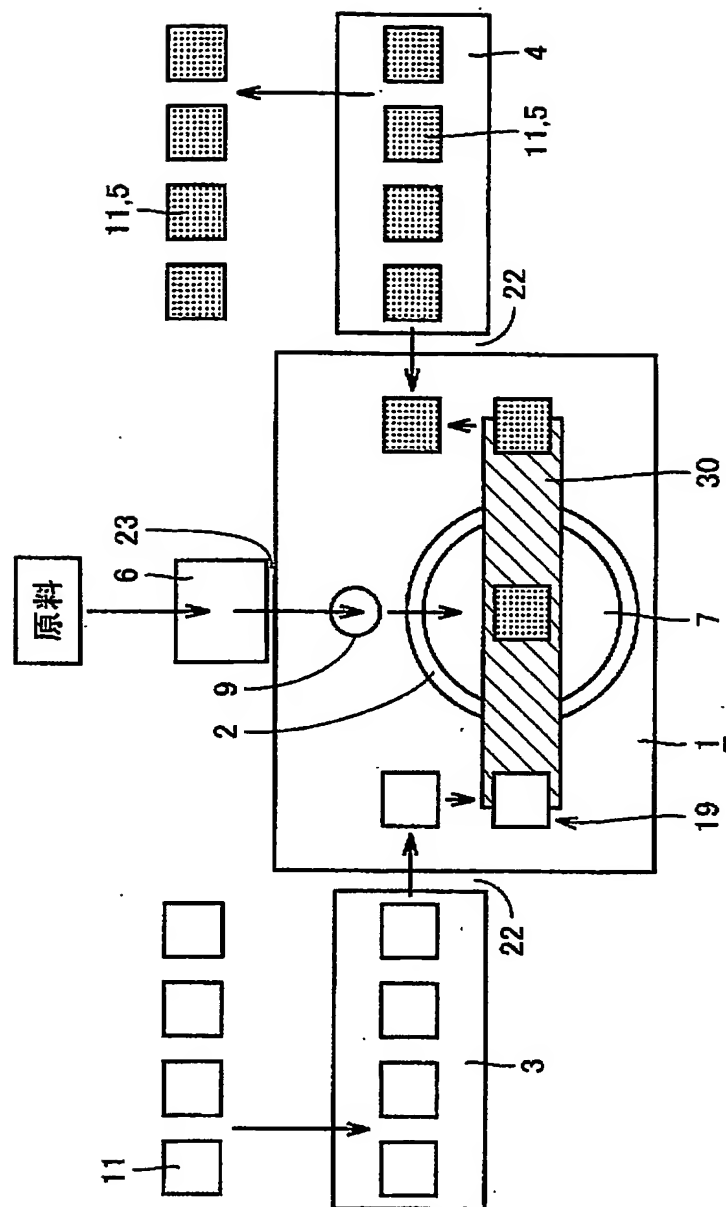
【図 3】



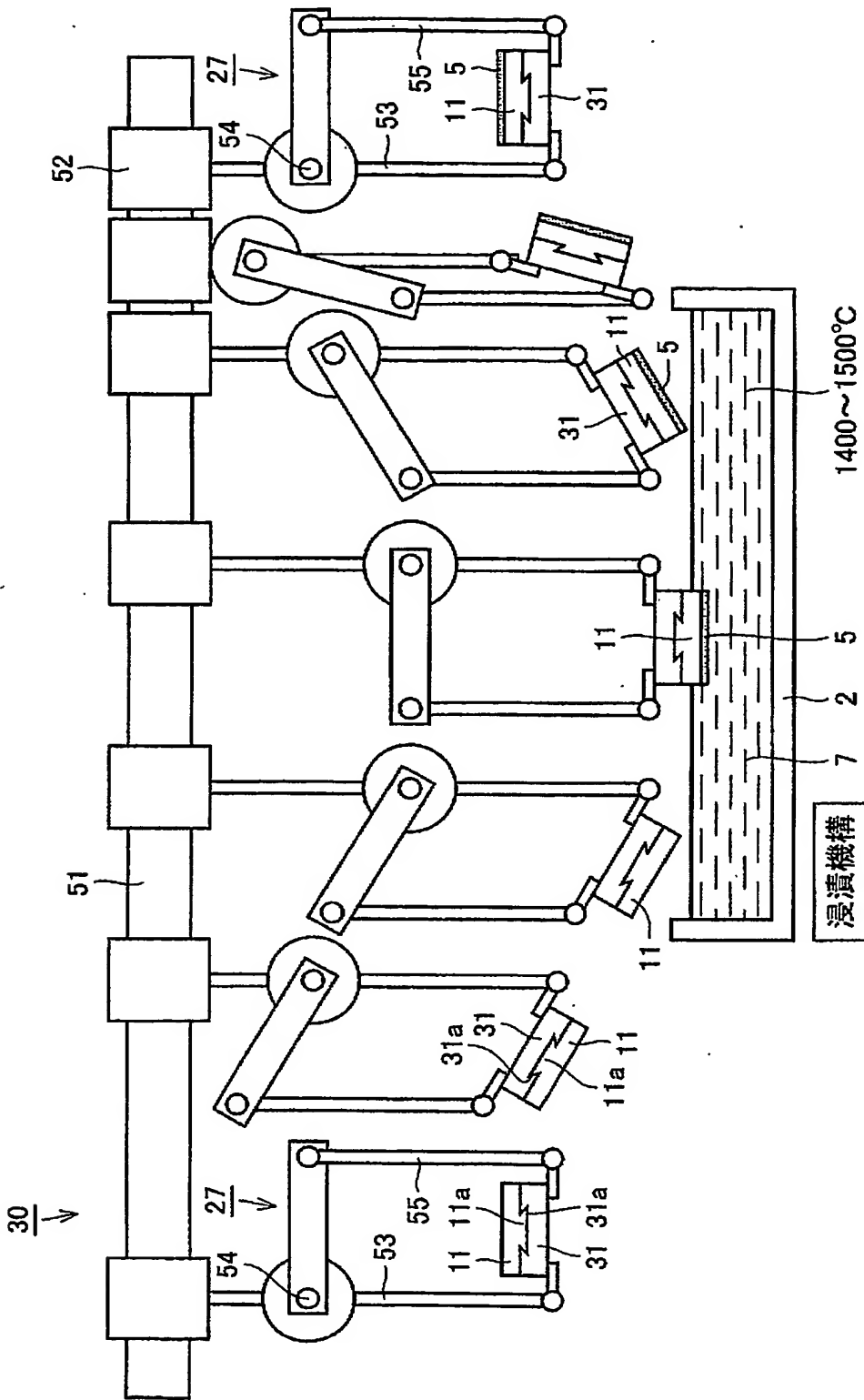
【図 4】



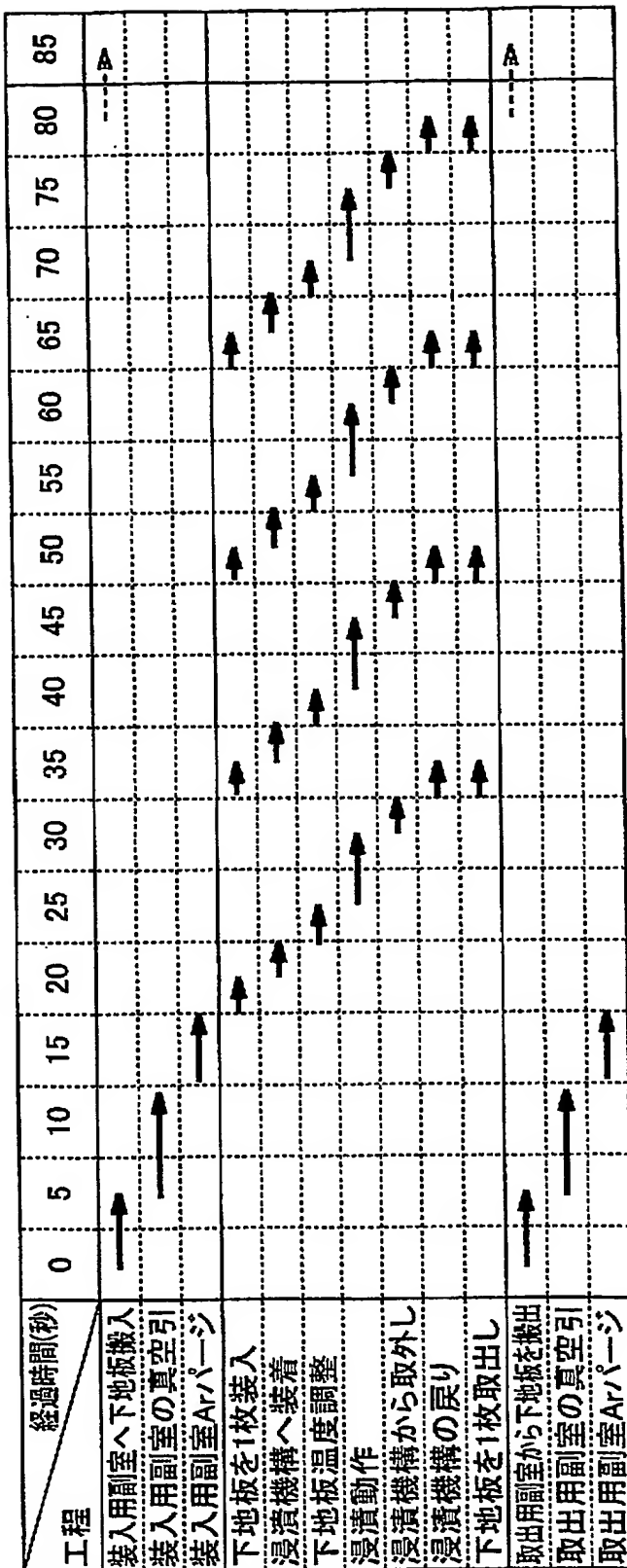
【図 5】



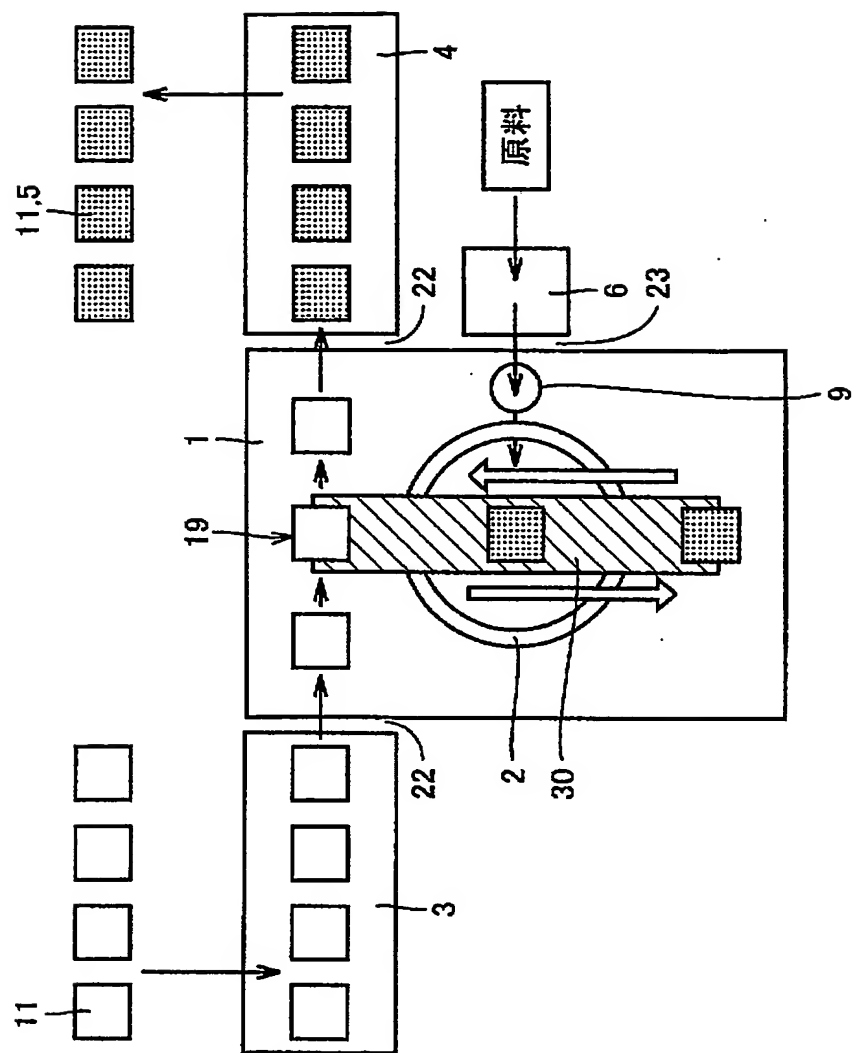
【図 6】



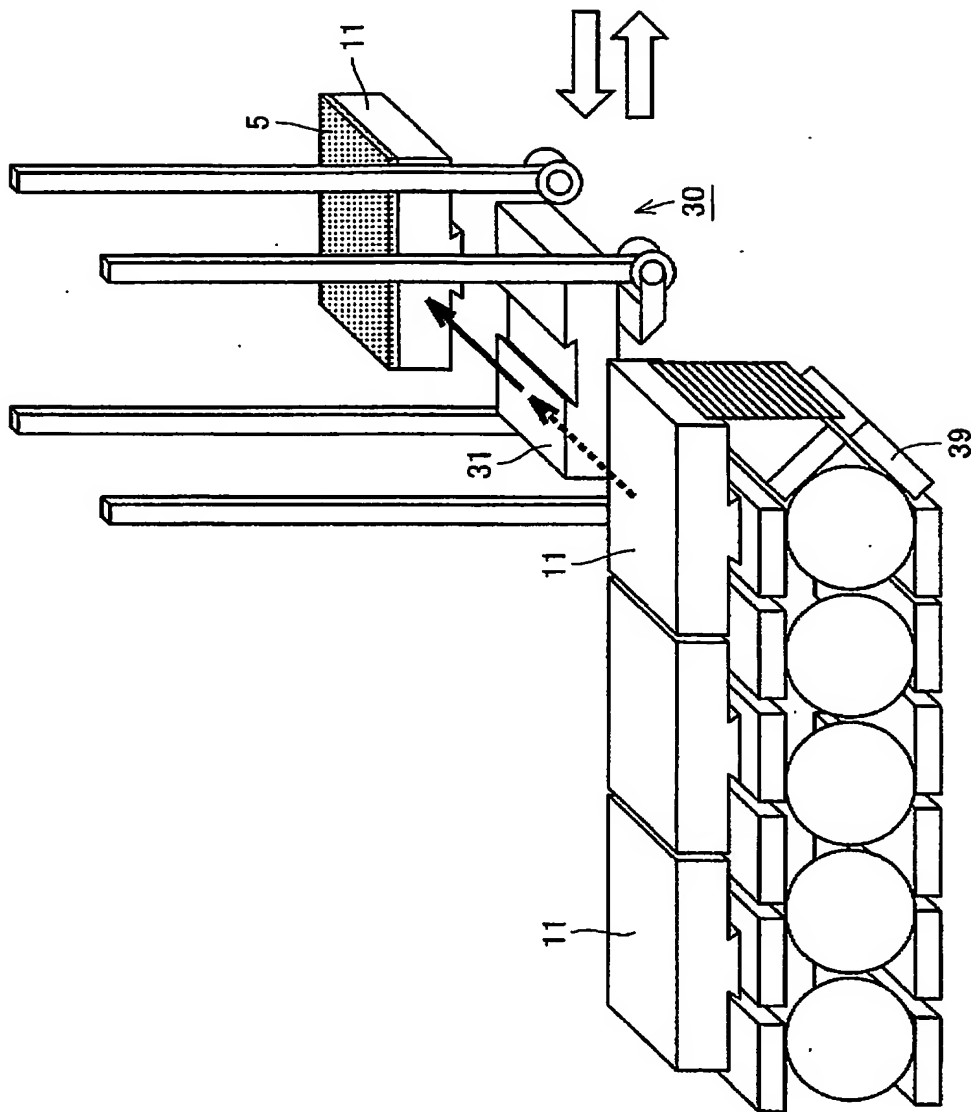
【図7】



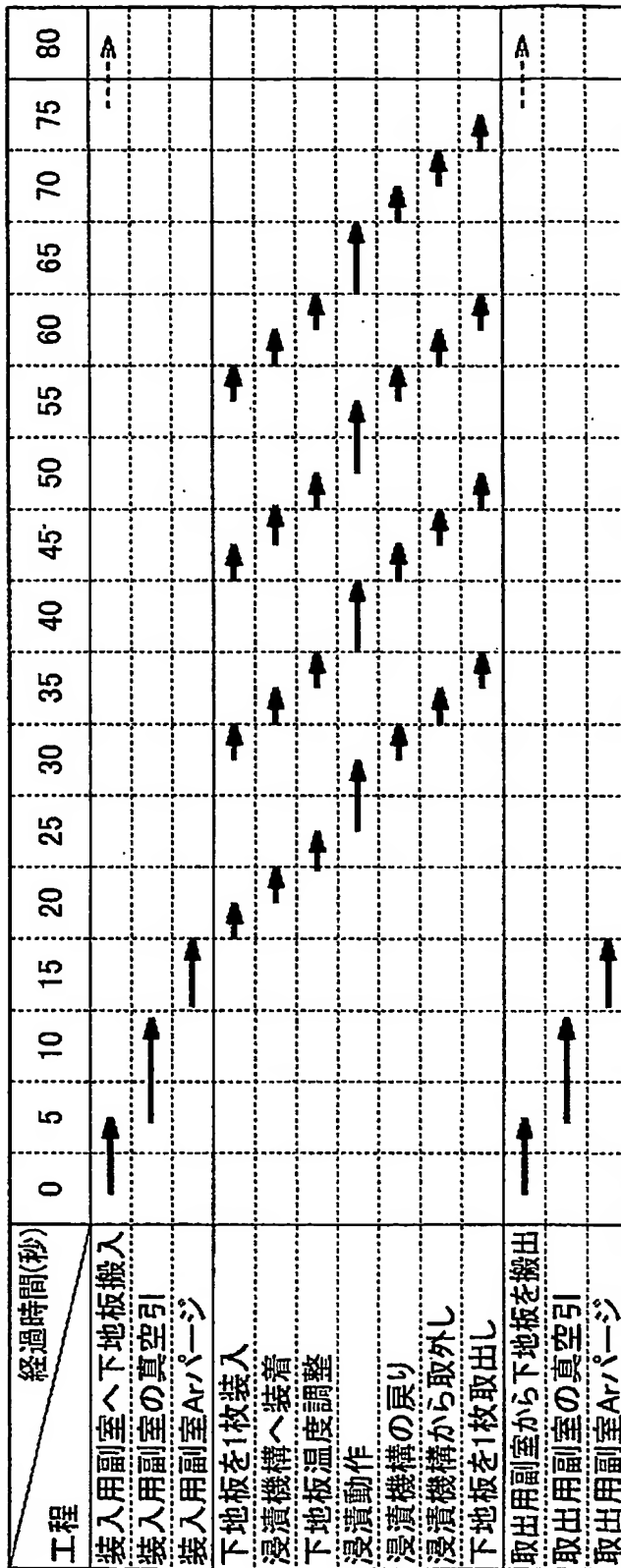
【図 8】



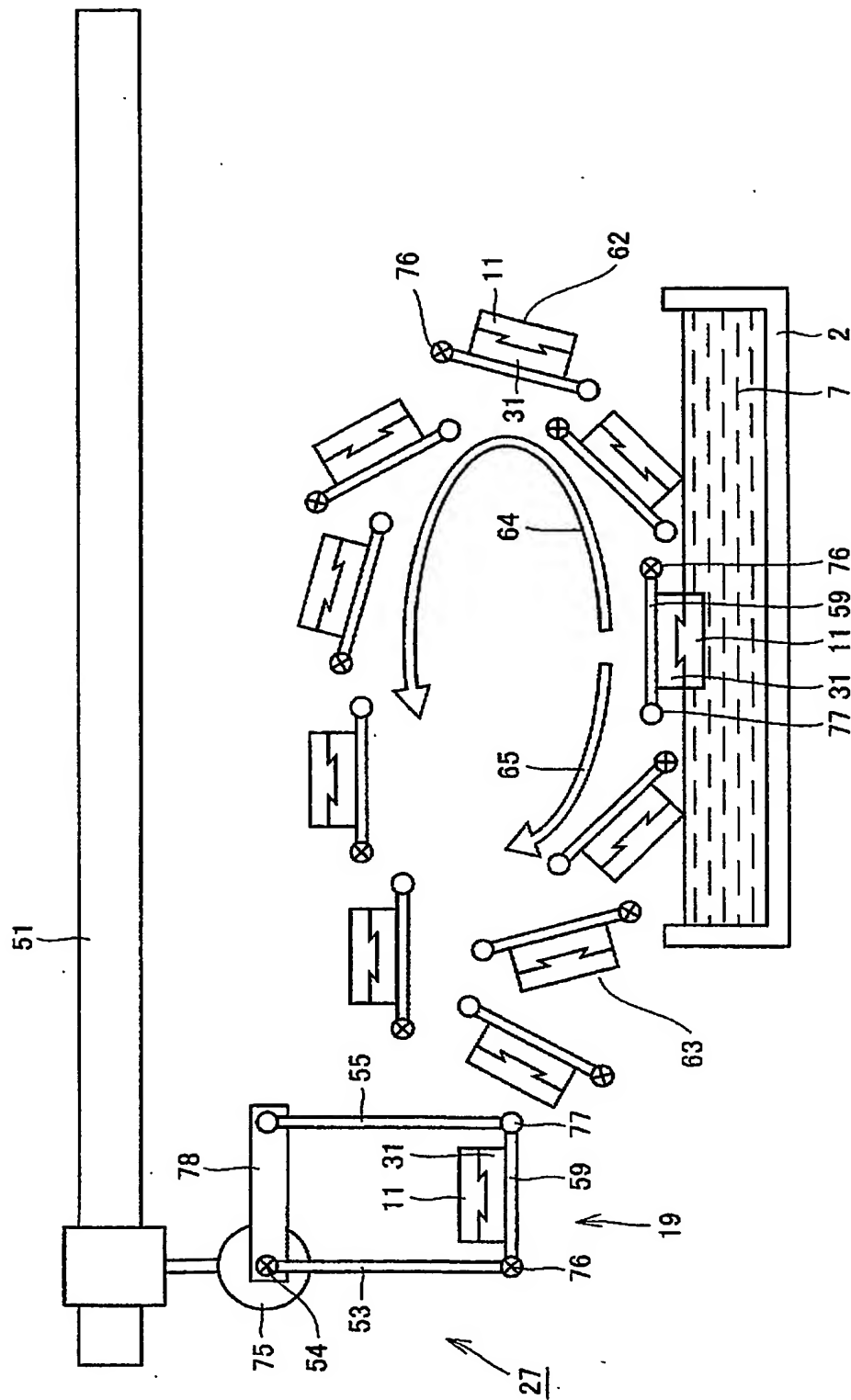
【図 9】



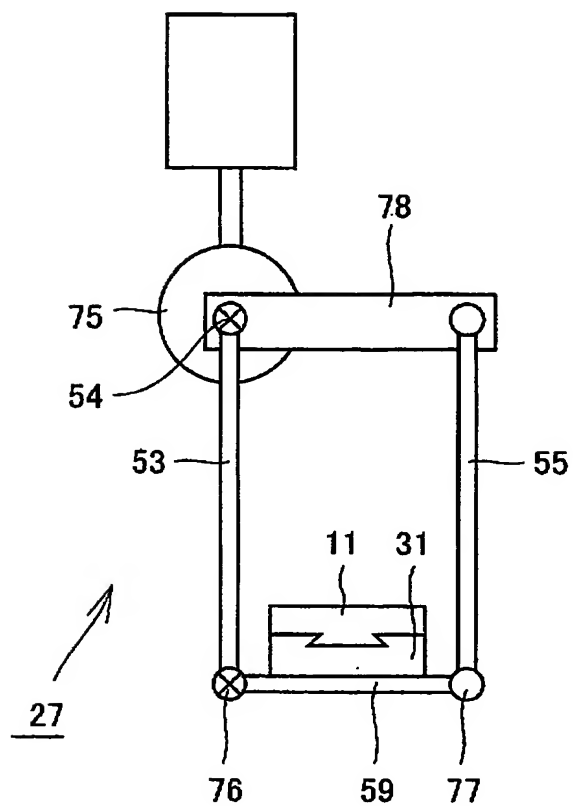
【図10】



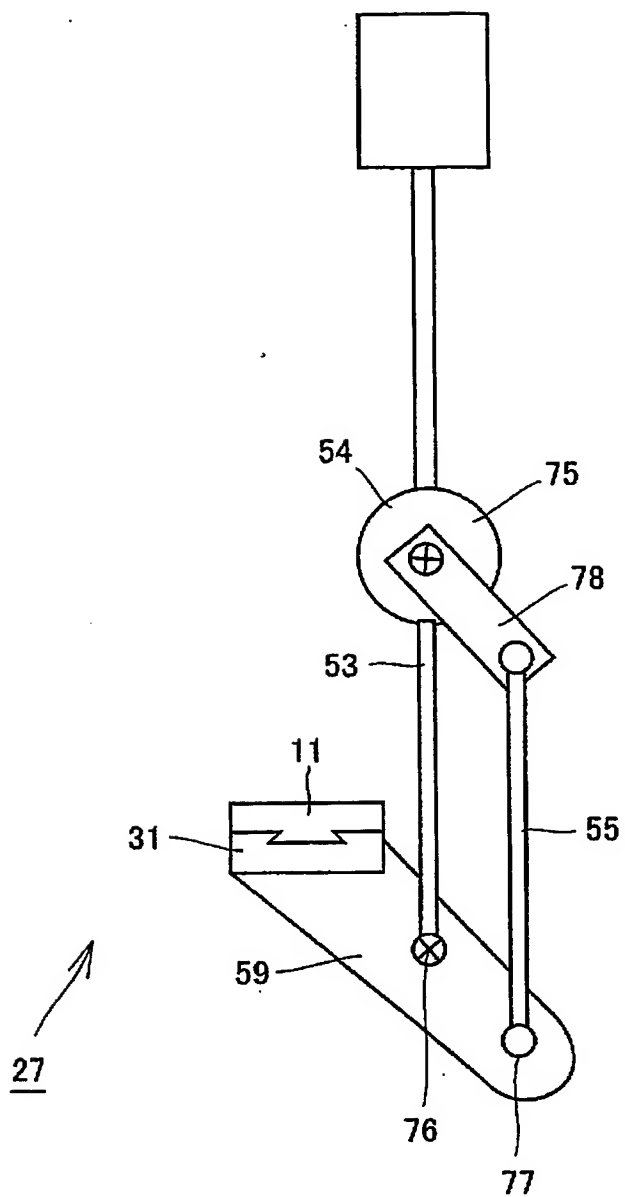
【図 11】



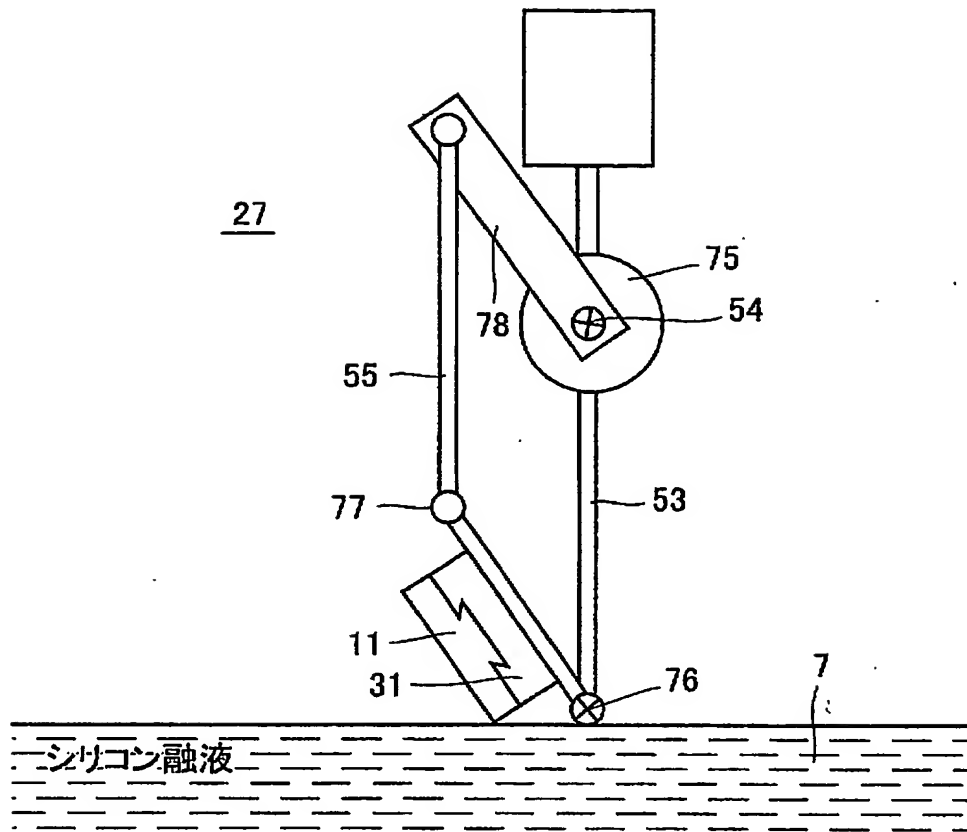
【図 12】



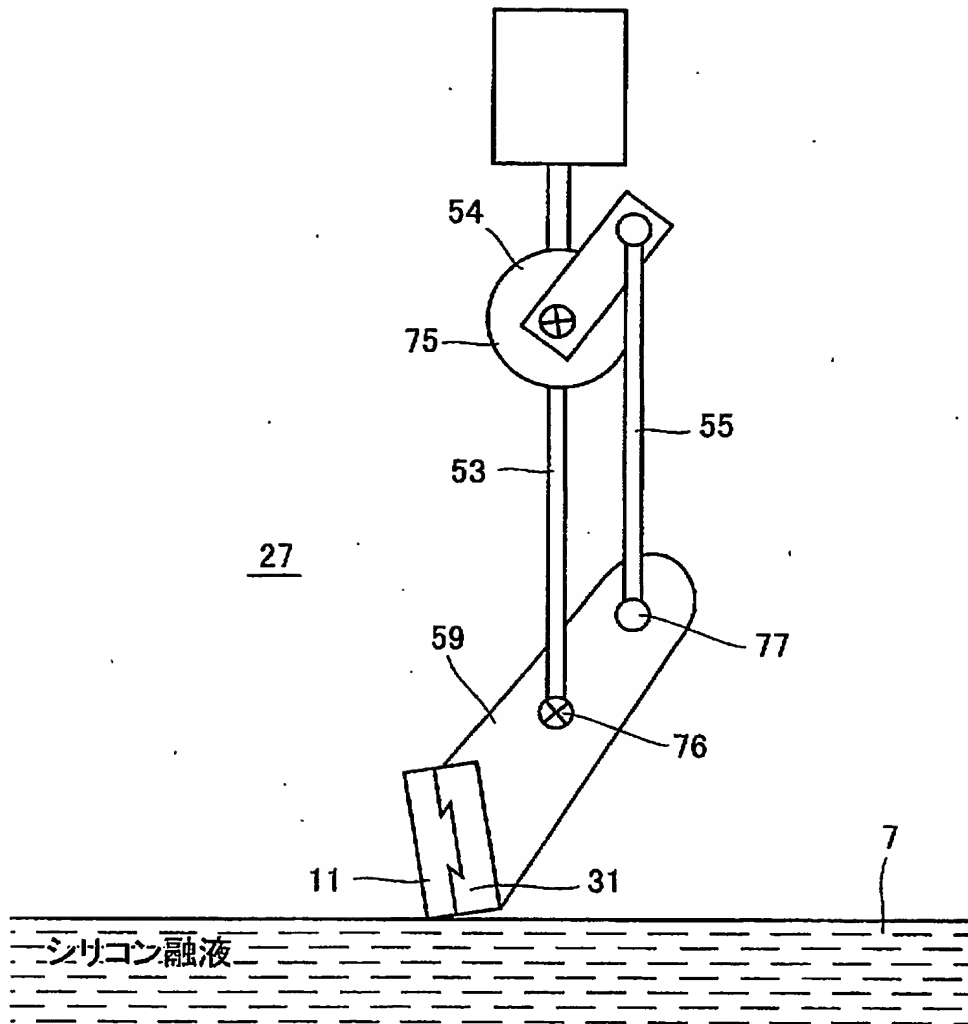
【図 13】



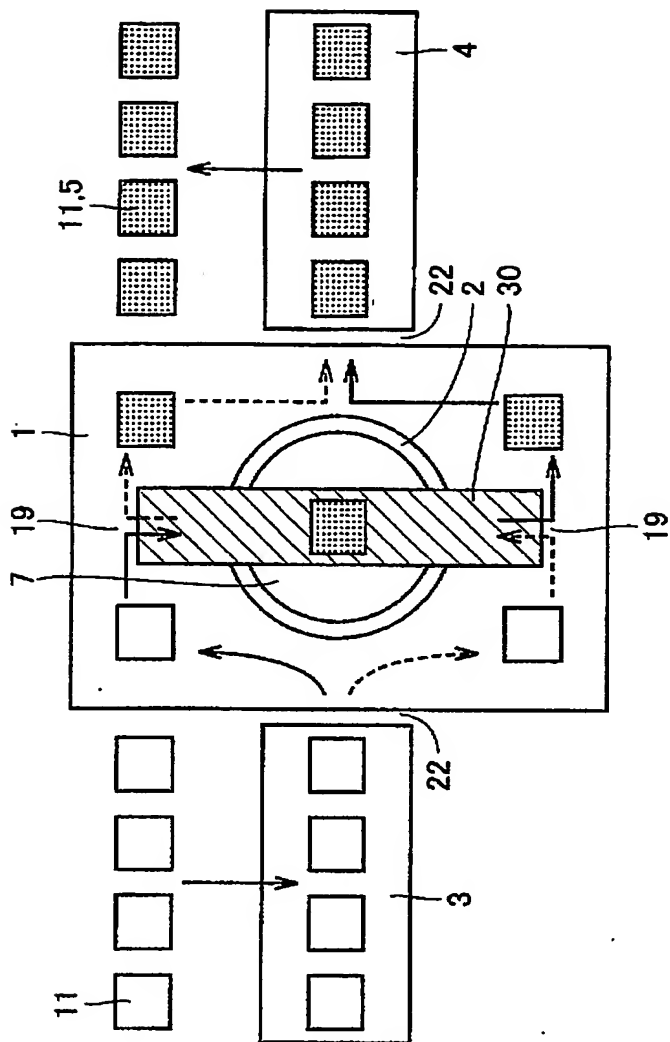
【図 14】



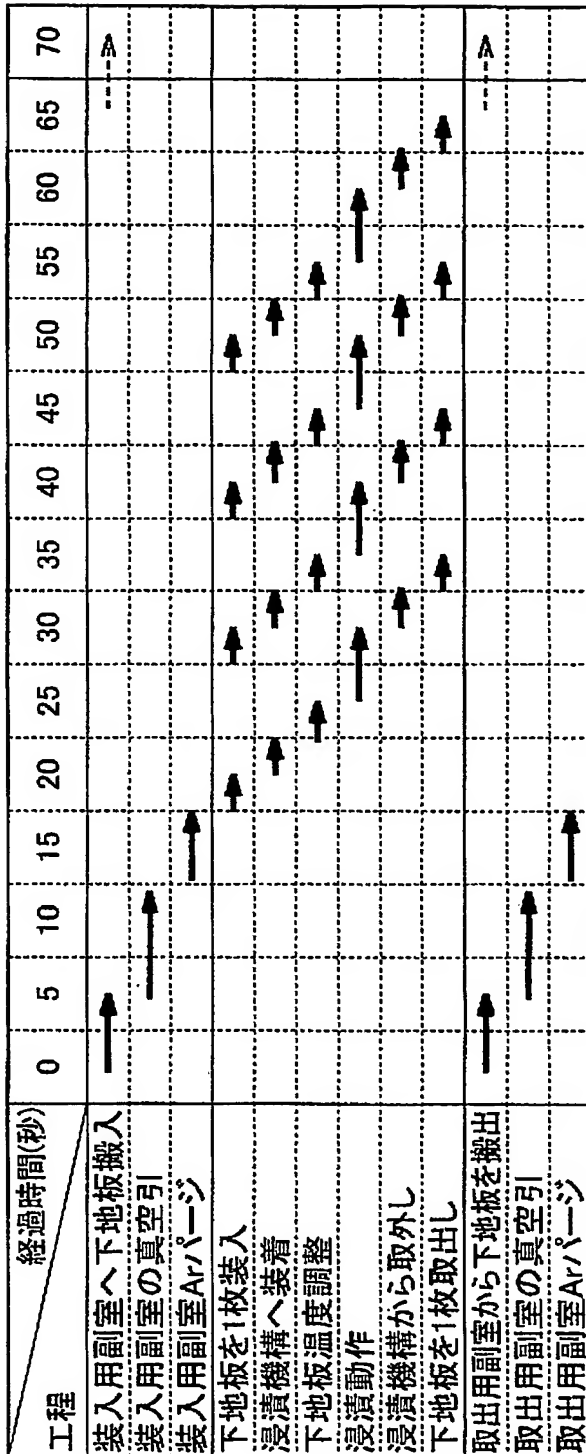
【図 15】



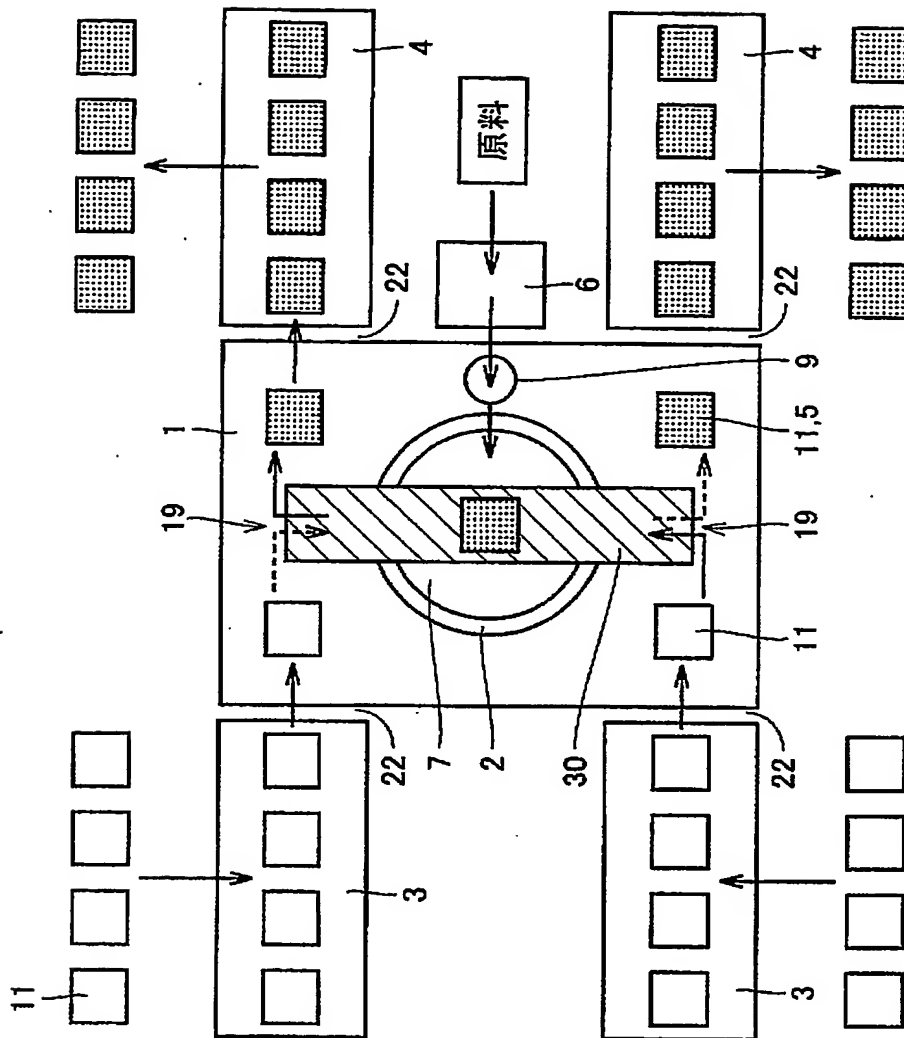
【図 16】



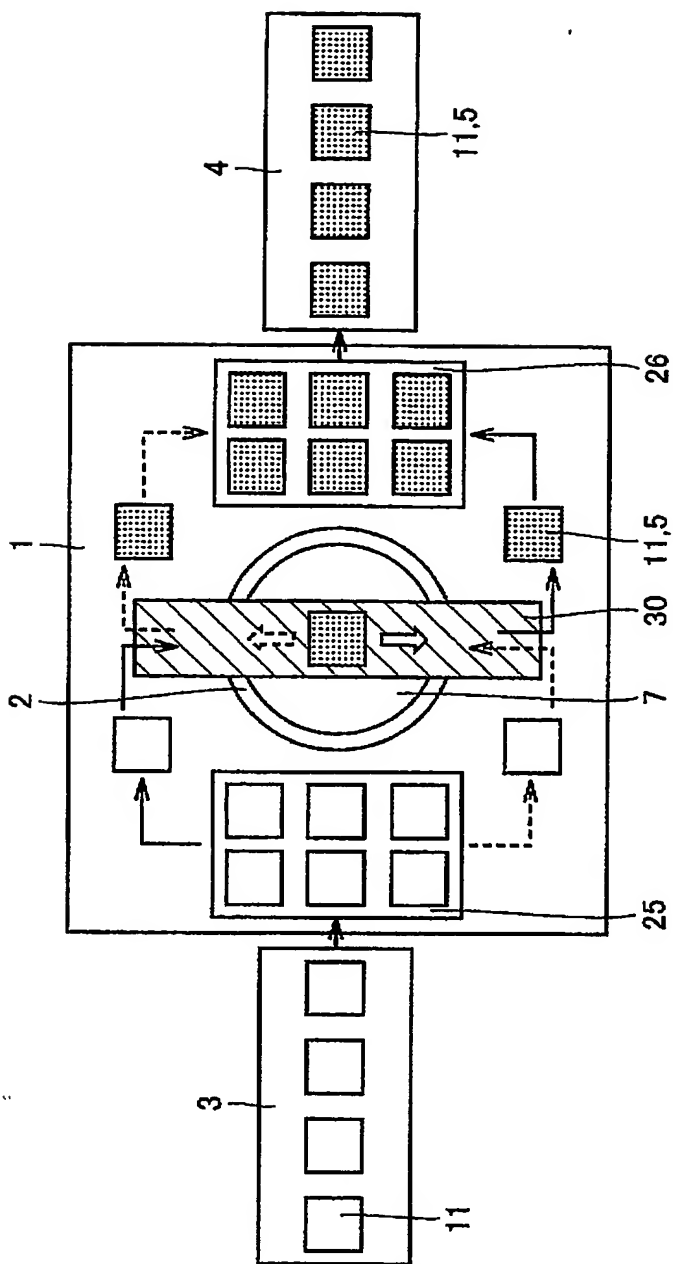
【図 17】



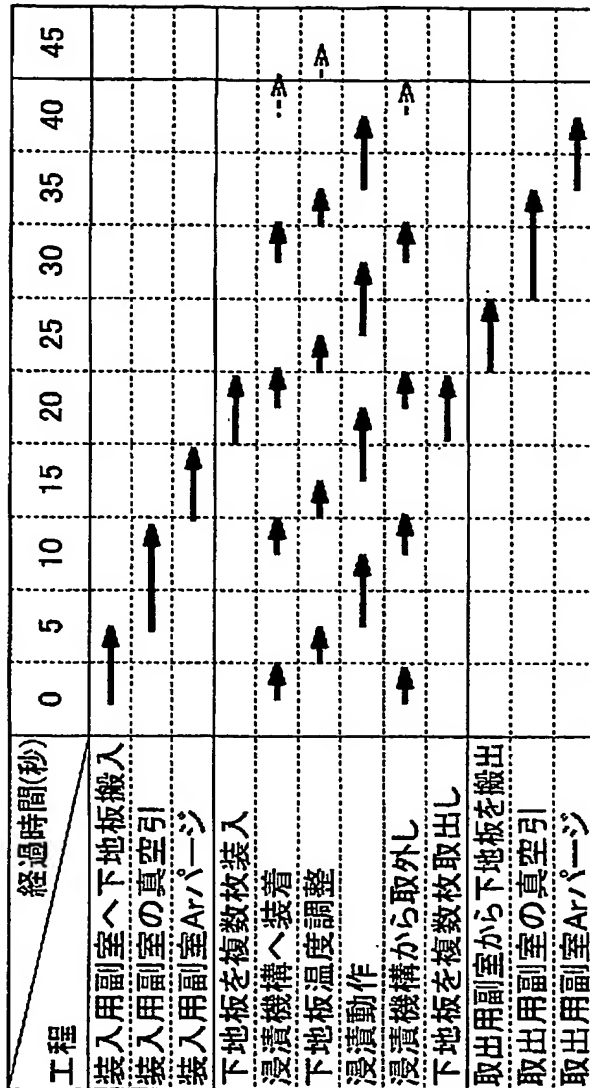
【図 18】



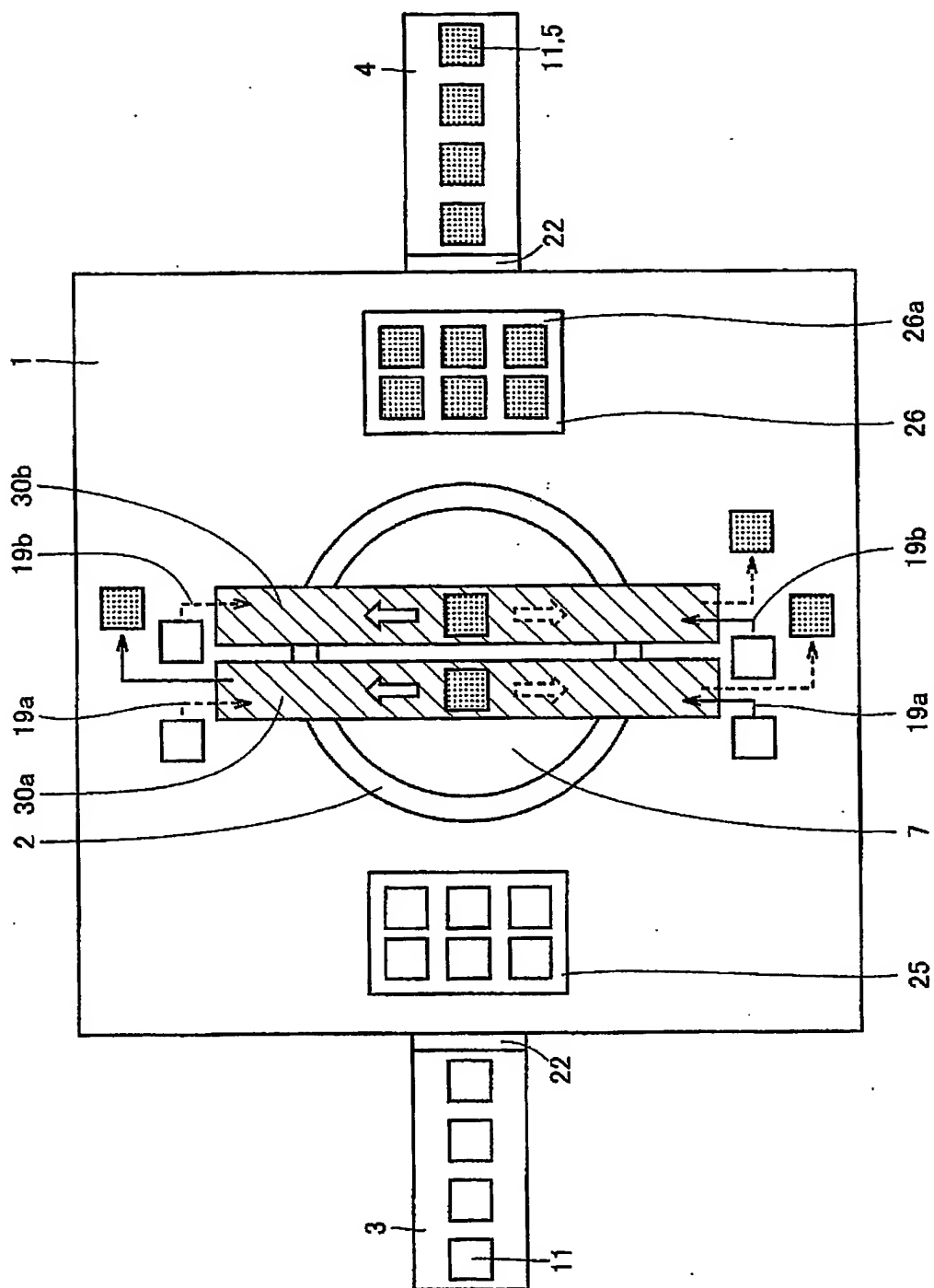
【図 19】



【図 20】



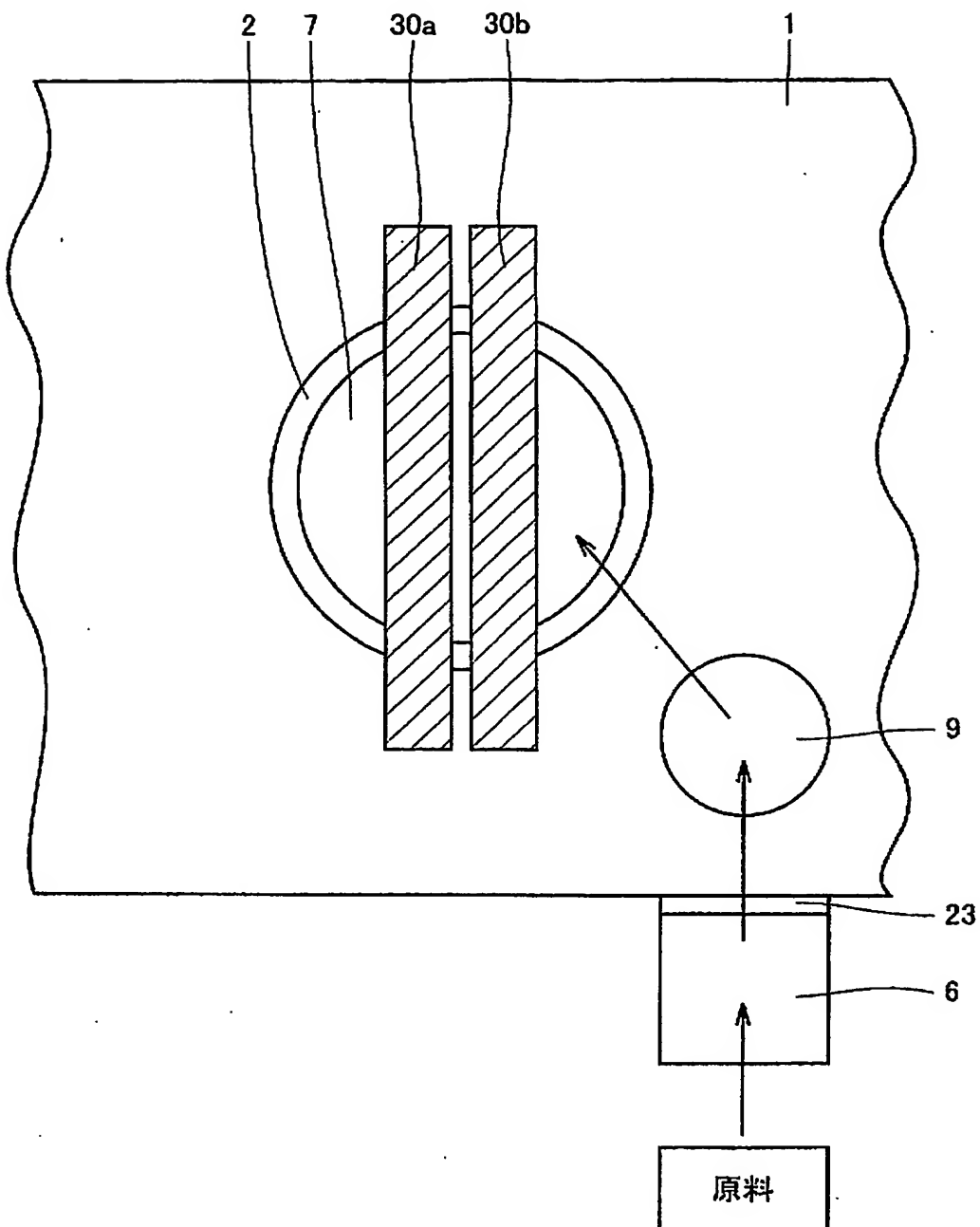
【図 21】



【図 22】

工程	経過時間(秒)	0	5	10	15	20	25	30
装入用副室へ下地板搬入		→						
装入用副室の真空引			→					
装入用副室Arパージ				→				
下地板を複数枚装入					→			
(第1浸漬機構)								
浸漬機構へ装着		→		→		→		
下地板温度調整		→		→		→		
浸漬動作			→		→		→	
浸漬機構から取外し		→		→		→		→
(第2浸漬機構)								
浸漬機構へ装着			→		→		→	
下地板温度調整			→		→		→	
浸漬動作		→		→		→		→
浸漬機構から取外し		→		→		→		→
下地板を複数枚取出し		→						
取出用副室から下地板を搬出			→					
取出用副室の真空引				→				
取出用副室Arパージ					→			

【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 生産規模の拡大により製造効率を大きく高めることができ、単位面積当りの製造コストを画期的に低下させることができる、薄板製造方法およびその薄板製造装置を提供する。

【解決手段】 主室 1 に配置されたるつぼ 2 内のシリコン融液 7 に下地板の表層部を浸し、その下地板の表面にシリコン 5 を付着させてシリコン薄板を製造する方法であって、下地板の主室への搬入および主室からの搬出を、主室 1 と隣接する少なくとも 1 つの副室 3, 4 を通して行う。

【選択図】 図 1

特願 2002-191191

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005049]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

氏 名

シャープ株式会社